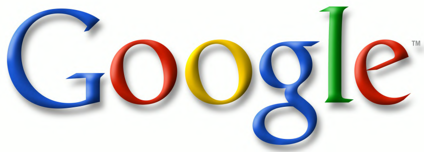
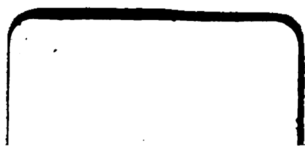

Google



ANNALES

DES MINES,

OU

RECUEIL

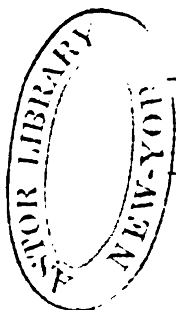
DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES,

ET SUR LES SCIENCES QUI S'Y RAPPORTENT;

Rédigées par le Conseil général des Mines,

PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Conseiller d'État, Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.



TOME IX.

A PARIS,

Chez TREUTTEL et WURTZ, Libraires, rue de Bourbon, n°. 17; et même Maison de Commerce,

A LONDRES, 30 Soho-Square; et à STRASBOURG, rue des Serruriers, n°. 3.

1824.

NOUVEL AVERTISSEMENT

A MM. LES SOUSCRIPTEURS.

Les *Annales des Mines*, ainsi que le porte l'avertissement placé en tête du volume de 1816, formant le tome Ier. de ce Recueil, devaient paraître, de *trois mois en trois mois*, par livraisons de sept à huit feuilles d'impression chacune. Cependant, à cause de l'abondance des matières, on s'est toujours vu forcé de s'étendre bien au-delà des limites dans lesquelles on avait d'abord pensé pouvoir se renfermer, mais qui étaient trop resserrées pour permettre, à temps, la publication de tous les mémoires qui intéressaient l'art des mines. Pour cette raison, le nombre des feuilles d'impression a été continuellement augmenté, et même, quelquefois, plus que doublé.

Les *Annales des Mines* continueront à être rédigées sur un plan plus étendu que celui qui avait été adopté dans leur origine; autrement elles ne pourraient remplir le but d'utilité qu'on se propose. Mais toutes les feuilles d'une même année seront distribuées de manière à former *six livraisons*, au lieu de *quatre*.

Conformément à cette nouvelle disposition, dont MM. les Souscripteurs apprécieront, sans doute, les avantages, les *Annales des Mines* paraîtront, à commencer du 1er. janvier 1824, de *deux mois en deux mois*, par livraisons de sept à huit feuilles d'impression chacune, avec des planches. Le prix de la souscription restera fixé à *douze francs*, par an, pour Paris, et sera porté à *quinze francs*, pour les Départemens, en raison de l'augmentation des frais de port.

Imprimerie de Madame HUZARD (née Vallat la Chapelle), rue de l'Éperon, n°. 7.

NOTIÇE

SUR LES MINES DE SCHISTE CUIVREUX

ET

SUR LES USINES DU PAYS DE MANSFELD (1);

PAR M. MANÈS, aspirant au Corps royal des Mines.

LE schiste cuivreux, qui donne lieu à cette Notice, fait partie de la formation du calcaire ancien. Ce schiste forme une couche qui se montre non-seulement en Thuringe, mais enveloppe presque tout le Hartz. Primitivement, il fut exploité dans la plupart des points de son affleurement, aujourd'hui il n'est plus guère suivi que dans les états du roi de Prusse, et à l'exception d'une production de cui- Introduction.

---

(1) Les mesures dont nous avons fait usage dans cette Notice sont celles mêmes du pays. Ce sont:

1°. La livre = 2 marcs de Cologne = 32 lots = $467^{gram.}$,50.

2°. Le quintal, de 114 liv. = 53^{k}.30.

3°. Le foudre, de 48 quintaux (pour les schistes) = 2558^{kil}.

4°. Le foudre de charbon = 12 masses = $3^{mèt.\ cub.}$,49.

5°. La masse de charbon = 14 pieds cubes du Rhin = $0,^{m.\ cub.}$,291.

6°. La tonne de coak = 2 boisseaux et demi de Silésie = $7^{p.cub.}$,110 = $0^{m.\ cub.}$,148.

8°. La corde de bois fendu = 53 pieds cubes = $1^{m.\ cub.}$,10.

8°. Le pied du Rhin = $0^{m.}$,275.

9°. L'écu de Prusse = 24 gros = 4 francs à-peu-près.

naires. Le cuivre noir obtenu des schistes de Sangerhausen, est aussitôt réduit, sur les lieux, en cuivre rosette; celui des schistes du Mansfeld est porté à l'usine de Hetstädt et séparé de l'argent qu'il contient. On a essayé en outre, depuis peu, de séparer, par l'amalgamation, l'argent du cuivre contenu dans les schistes: ces essais ont, à la vérité, réussi; cependant des raisons particulières ont fait discontinuer ce traitement en grand.

Les deux districts de Mansfeld et de Sangerhausen produisaient ensemble, avant 1806, moyennement 14 à 15,000 quintaux de cuivre, dont 6 à 900 seulement pouvaient provenir de Sangerhausen, et étaient trop pauvres en argent pour payer les frais de séparation. Le produit en argent tiré des schistes du Mansfeld s'élevait au contraire annuellement jusqu'à 13,000 et 14,000 marcs; et c'est encore aujourd'hui l'exploitation la plus importante d'argent que possède le royaume de Prusse, de même qu'aucune autre de ses mines ne peut, pour la production du cuivre, entrer en comparaison avec celles dont il s'agit ici.

Les mines du Mansfeld, entreprises dans le commencement du treizième siècle, fournirent d'abord des quantités de cuivre plus considérables encore, et dans les quinzième et seizième siècles elles rapportèrent même par année, de temps à autre, jusqu'à 18 et 20,000 quintaux de ce métal, qui faisait la principale branche de commerce des grandes villes du sud de l'Allemagne et même de Venise. Les guerres et les autres changemens survenus dans le commerce ont tellement fait diminuer le débit du cuivre, que, dans l'année 1819,

les deux districts ne délivrèrent qu'environ 8000 quintaux de cuivre et 7500 marcs d'argent.

La diminution dans la production, jointe à d'autres circonstances, a amené aussi une diminution dans le nombre des ouvriers. Avant 1806, il s'élevait, terme moyen, à trois mille cinq cents hommes environ, aujourd'hui il n'est plus que de seize à dix-sept cents.

Les cuivres du Mansfeld ne sont pas, il est vrai, réputés pour aussi bons que ceux de Russie, qui leur portent le plus grand tort, à cause de leur bas prix; mais ils ont la même bonté que ceux de Suède, et sont principalement recherchés, parce qu'ils sont toujours égaux, ce qui n'est pas le cas des autres. Les cuivres de Sangerhausen sont meilleurs que ceux de Mansfeld, et servent principalement pour faire les fils les plus fins.

1°. *Gisement et exploitation.*

Gisement et composition du schiste cuivreux.

Le schiste marno-bitumineux ou schiste cuivreux se montre, comme on sait, entre le grès rouge et le zechstein ou calcaire argileux compacte. Il forme une couche peu puissante, mais très-étendue et très-régulière, qui suit les inégalités du terrain de grès rouge qu'elle recouvre, et dont l'inclinaison est par suite tantôt assez forte et tantôt presque horizontale.

Cette couche, épaisse au plus de deux pieds, se compose en plusieurs points d'un certain nombre de couches ou veines distinctes, qui souvent se succèdent avec le même ordre, tandis que d'autres fois au contraire l'une prend la place de l'autre ou la fait disparaître entièrement. En d'autres points, cette division par veines n'est plus visible, et la couche consiste uniquement

en schiste luisant ou terreux. Dans tous les cas, cette couche est traversée d'un grand nombre de fentes et fissures qui occasionnent des sauts, des rejets et beaucoup d'autres irrégularités.

Les minerais cuivreux contenus dans les schistes y sont le plus souvent disséminés d'une manière invisible, et ne se décèlent que par la grande pesanteur de ces schistes; d'autres fois ils apparaissent en grains cristallisés, en lames minces et en veines. Les plus communs sont le cuivre pyriteux et le cuivre sulfuré, tandis que le cuivre natif, le cuivre gris oxidulé et carbonaté s'y trouvent plus rarement.

Outre les minerais de cuivre, les schistes marno-bitumineux contiennent encore beaucoup de pyrites ferrugineuses, et quelquefois des minerais de zinc, plomb, nikel, cobalt, antimoine, bismuth et arsenic.

La richesse en cuivre de la couche est d'ailleurs différente dans les différens districts, et elle varie encore dans l'étendue d'un même district selon les veines que l'on considère. Tantôt c'est dans la partie inférieure que s'est portée la plus grande partie du métal, tantôt c'est dans la partie supérieure. Souvent on trouve, par forme de veines, des milieux stériles. C'est sur-tout dans les districts entre Eisleben et Hetstädt que l'on remarque la plus grande richesse.

Voici les teneurs en cuivre et en argent des trois principaux points :

A Wimmelbourg, par foudre ou 48 quintaux de schiste. . . . . . 1 $\frac{1}{4}$ q^al^. cuivre tenant 16 à 17 lots p. q^al^.

A Gersbstadt. $\frac{3}{4}$ q. 8 à 14 lots.

A Sangerhausen. $\frac{3}{4}$ 6 à 8 lots.

Exploitation du schiste cuivreux.

Toutes les mines de Sangerhausen et de Mansfeld sont exploitées d'une manière analogue. Ayant atteint, par un puits hors de la masse, la couche au niveau le plus bas que les circonstances permettent d'atteindre, on mène, à ce niveau, une galerie d'allongement suivant sa direction, et on la divise en massifs de cinquante toises de long sur vingt-cinq de haut par d'autres galeries d'allongement parallèles, et des montées qui communiquent des unes aux autres. Sur chaque massif on place six à douze hommes, qui poussent, dans la couche de schiste et en forme de gradins, des tailles suivant la direction. Ces ouvriers, couchés sur le côté, attaquent, au pic, du mur de la couche la veine la plus tendre et la moins métallifère. Ils dépouillent ainsi la couche sur une profondeur de deux et demi à trois pieds; ensuite ils abattent, avec des coins ou la poudre, le schiste et le toit sur une hauteur de deux pieds au plus de haut. A mesure qu'ils avancent, ils soutiennent derrière eux le toit par des étaies, et remblaient les vides avec les déblais qu'ils retirent, tandis que le bon minerai est pris par les *hercheurs*, qui, couchés de même sur le côté, tirent le chien par le pied gauche et le descendent à la galerie inférieure, d'où ils le mènent ensuite commodément aux puits d'extraction. L'élévation au jour se fait à l'aide du treuil, comme à Sangerhausen, et avec des machines à molette, comme à Wimmelbourg.

Les eaux des mines s'écoulent par le moyen de belles galeries qu'on établit par-tout et à grands frais. Les plus remarquables sont 1°. dans l'arrondissement d'Eisleben, la *froschen mullenstolln*, qui est ouverte sur le bord du lac *Susser Sée*, et qui est

longue aujourd'hui d'environ six mille huit cents toises et profonde de soixante-dix toises au-dessous de la surface; 2°. dans le district de Gerbstadt, la *schlusser-stolln*, qui a été ouverte, il y a quelques années, sur les bords de la Saale près Friedbourg, qui est plus profonde de quinze toises que la précédente, et qui atteindra, un jour, une longueur de plusieurs lieues. Outre les galeries d'écoulement, on a encore, pour l'épuisement des eaux, des systèmes de pompe et deux machines à feu, l'une à Wimmelbourg et l'autre à Burgorner.

Nous n'entrerons pas, au reste, dans plus de détails au sujet de ces exploitations, qu'on trouve décrites dans l'ouvrage de M. de Villefosse, nous donnerons seulement encore un tableau présentant les principaux résultats économiques.

Districts.	Nombre d'ouvriers.	Extraction annuelle.	Frais annuels.	Frais par foudre.	Richesse du foudre.
		foudres.	écus.	écus.	quint. cuiv.
Sangerhausen.	100	1,200	20,000	18 à 20	$\frac{3}{4}$
Mansfeld...	1,400	8,800	120,000	13 à 14	1
TOTAL	1,500	10,000	140,000	» »	»

Mesures françaises.

Districts.	Nombre d'ouvriers.	Extraction annuelle.	Frais annuels.	Frais par 50 myr.	Richesse par 50 myr.
		myr.	fr.	fr.	
Sangerhausen.	100	306,960	80,000	14 à 16	7k,80
Mansfeld...	1400	2,251,040	480,000	10 à 11	10k,40
Total.	1500	2,558,000	560,000	» »	» »

2°. *Des fonderies.*

Les minerais de schistes cuivreux, extraits des mines du district de Sangerhausen, étant très-pauvres en argent, sont traités seulement pour cuivre, et amenés immédiatement à l'état de cuivre rosette, dans une usine située à peu de distance de la ville de Sangerhausen; tandis que ceux des mines du district de Mansfeld, plus riches en argent, sont amenés à l'état de cuivre noir dans neuf usines situées, savoir: trois près d'Eisleben, trois près de Mansfeld, une près de Burgörner, et deux à Rothenbourg et Friedbourg; le cuivre noir des sept premières est ensuite conduit à l'usine de Hetstädt pour en séparer l'argent; celui des dernières est envoyé partie à Hetstädt, et partie à Neustadt sur la Dosse. Des fonderies.

L'existence, dans le comté de Mansfeld, d'un schiste marno-bitumineux contenant du cuivre

sulfuré uni à de l'argent, et le désir d'obtenir ces deux métaux purs et de séparer l'un de l'autre, a donné d'ailleurs occasion de s'occuper des divers moyens propres à atteindre ce but. Jusqu'ici on en a trouvé deux, l'un par la voie sèche, et l'autre par la voie humide. Le premier, depuis long-temps en usage, consiste à convertir d'abord le schiste en cuivre noir, et à séparer ensuite, à l'aide du plomb, par la méthode de la liquation, les deux métaux qui composent cet alliage. Le second, découvert depuis peu de temps, consiste à réduire les schistes en matte de cuivre, et à enlever l'argent de cette matte à l'aide du mercure par l'amalgamation. Quoique ce dernier procédé n'ait point encore été appliqué en grand, comme il paraît qu'il le sera bientôt, qu'il est d'ailleurs très-curieux, nous croyons qu'il ne sera pas inutile d'en donner une description.

Pour donner, au reste, une idée complète des opérations métallurgiques auxquelles donne lieu le schiste cuivreux du Mansfeld, et marcher toujours du simple au composé, voici le plan que nous suivrons :

1°. Nous exposerons brièvement le traitement qu'on fait subir aux schistes de Sangerhausen pour en retirer le cuivre sans tenir compte de l'argent.

2°. Nous détaillerons ensuite la méthode de fondage des usines du Mansfeld, et la manière de retirer le cuivre noir des schistes de ce district : puis

3°. Nous indiquerons les procédés usités à l'usine de Hetstädt pour séparer l'argent du cuivre contenu dans les cuivres noirs du comté de Mansfeld.

4°. Enfin, nous terminerons par l'exposition de la méthode d'amalgamation, telle qu'elle a été suivie à Gottesbelohnungs-Hütte, près Grosörner.

1°. *Fonderie de Sangerhausen.*

L'usine de Sangerhausen se compose de quatre fourneaux, dont deux pour la fusion des schistes, un pour la concentration des mattes et un pour le raffinage du cuivre noir. Fonderie de Sangerhausen.

Les minerais qu'on y traite sont de deux sortes: 1°. ceux calcaires ou arénacés, qui sont dits *erz* minerai, et qui se trouvent dans la partie supérieure ou inférieure de la couche; 2°. ceux schisteux marneux et bitumineux, dits *schieffer*, schistes qui forment la partie propre de la couche. Les premiers tiennent, par foudre de 48 quintaux, 1 et demi à 2 quintaux de cuivre, et les seconds soixante-dix à quatre-vingts livres.

L'ensemble des travaux qui s'exécutent à l'usine de Sangerhausen, comprend les opérations suivantes :

1°. Grillage des schistes bitumineux, pour les priver de leur bitume, qui nuirait à la fusion.

2°. Fusion des minerais grillés et non grillés avec addition de scories et de fluate de chaux. De cette opération, qui a pour but de séparer les parties terreuses de celles métalliques, on obtient une matte brute de cuivre, qui est un alliage de cuivre, fer, soufre, zinc, arsenic et cobalt, tenant trente-six à quarante livres de cuivre par quintal, et des laitiers pauvres.

3°. Grillage de la matte brute, dans trois feux successifs, pour chasser la plus grande partie du soufre qu'elle contient, et oxider les métaux unis au cuivre, comme le fer, le zinc, le nickel et le cobalt.

4°. Fusion de la matte brute, grillée pour séparer du cuivre argentifère les métaux étrangers

la face ouverte. On y fait, à chaque fois, un lit de bois, sur lequel on dispose la matte et un peu de charbon de bois, par couches alternatives ; on recouvre ensuite le tout de poussier de charbon, qui se brûle bientôt, et que l'on remplace, dans le cours de l'opération, par de petits débris de matte grillée, qui s'amassent au pied du tas. On grille, dans chaque feu, 100 quintaux de matte avec deux shocs ou cent vingt fagots et trois à quatre masses de charbon. Les trois feux durent trois semaines. La matte est alors amenée à une teneur de quarante à cinquante livres au quintal.

Fusion de la matte grillée.

La concentration de la matte brute, grillée trois fois, s'opère dans un fourneau à manche, de neuf pieds de haut, dont la sole est faite d'une brasque composée de sable quarzeux et d'autant d'argile qu'il en faut pour donner du liant, et dont la forme est à deux pieds au-dessus de la sole. On fond, à ce fourneau, un mélange de deux tiers de matte grillée et un tiers de laitiers pauvres. On y fait passer un quintal de matte par heure et demie, avec un tiers de masse de charbon, et on obtient de là quatre-vingt-dix livres de matte concentrée (*spurstein*), tenant soixante à soixante-dix livres de cuivre par quintal, plus des laitiers riches de deux à trois livres, qui vont à la fusion du schiste.

Grillage de la matte concentrée.

La matte concentrée est grillée sept fois consécutives comme la matte brute, et avec la même quantité de combustible par feu ; elle est amenée alors à la teneur de soixante-dix à quatre-vingts liv. de cuivre par quintal, puis fondue pour cuivre noir dans le fourneau à manche de neuf pieds, où l'on passe encore deux tiers de matte con-

Fusion de la matte concentrée.

centrée, avec un tiers de laitier pauvre. Un quintal de matte donne ici soixante-dix à soixante-quinze livres de cuivre noir, et use deux cinquièmes de masse de charbon. On retire, en outre, une matte mince fournie du peu de soufre qui était resté dans la matte concentrée, et un laitier riche, qu'on passe dans la fusion du schiste.

L'affinage du cuivre noir s'opère sur un petit fourneau à catin, dont la sole, faite de sable, de poussier de charbon et d'argile, a treize à quatorze pouces de diamètre; on y affine à-la-fois un et un quart à un et demi quintal. Dans ce traitement, un quintal de cuivre noir use ordinairement une masse à cinq quarts de masse de charbon, et donne cent deux à cent trois livres de cuivre pur, très-beau, très-malléable, et se laissant même tirer en fils assez fins. Affinage du cuivre noir.

L'usine de Sangerhausen occupe vingt-cinq ouvriers : ils sont tous payés à la journée, et reçoivent de quatre à six gros par poste de douze heures. On fond annuellement à Sangerhausen quatorze cents foudres de schistes, d'où l'on retire 1850 quintaux de cuivre, tenant quatre cent quatre-vingts marcs d'argent, que l'on néglige. Voici, au reste, le tableau des frais et produits de cette usine, tel qu'il résulte de la moyenne des dernières années. Résultats généraux.

Nombre de fourneaux à schiste.	Nombre des ouvriers.	Quantité fondue.	Combustible brûlé.	Cuivre obtenu.	Frais par quintal cuivre.	Valeur du quint. cuivre.
		foudres.	masses.	quint.	écus.	écus.
2	25	1200	10,000	850	10	35

En mesures françaises.

Nombre de fourneaux à schiste.	Nombre des ouvriers.	Quantité fondue.	Combustible brûlé.	Cuivre obtenu.	Frais par 50 kil. cuivre.	Valeur des 50 kilogr.
		myr.	m. cub.	kil.	fr. c.	fr. c.
2	25	306,960	2,910	45,305	37 52	131 33

2°. *Fonderies du Mansfeld.*

Fonderies de Mansfeld et d'Eisleben.

Les minerais des arrondissemens de mines qui s'étendent de Wolferode à Helbra sont répartis entre les usines d'Eisleben et celles de Mansfeld de telle manière, que les premières en reçoivent deux cinquièmes et les secondes trois cinquièmes. Ces minerais sont des schistes riches en cuivre et en argent, par le cuivre gris qui est disséminé dans leur masse, et par le cuivre sulfuré qui les recouvre en lamelles superficielles. Ils tiennent ordinairement, par foudre de 48 quintaux, cinq quarts de quintal de cuivre et dix-huit à vingt lots d'argent;

ils tiennent aussi, par foudre, un et demi à 2 quintaux d'humidité. D'ailleurs la nature de leur gangue varie un peu d'après les localités : ainsi les unes sont plus calcaires, les autres plus argileuses, les autres plus ferrugineuses. Tous ces schistes contiennent d'ailleurs une proportion notable de zinc; tous aussi sont très-bitumineux, et quelques-uns au point de brûler d'eux-mêmes.

Les procédés de fondage sont les mêmes dans les usines d'Eisleben et dans celles de Mansfeld. Dans l'exposition que nous allons en faire, nous aurons principalement égard à ces dernières, sur lesquelles nous avons fait un plus long séjour.

On exécute, dans les usines de Mansfeld, les opérations suivantes :

1°. Grillage des schistes cuivreux;

2°. Fusion des schistes grillés, d'où l'on obtient une matte brute de cuivre;

3°. Grillage de la matte brute à six feux successifs, où cette matte est amenée à un état propre à être convertie immédiatement en cuivre noir: par là on évite non-seulement deux feux sur le procédé de Sangerhausen, mais aussi l'opération de la concentration;

4°. Lavage de la matte brute grillée, et prépation du sulfate de cuivre qui s'était formé en petite quantité dans ce grillage;

5°. Fusion de la matte brute grillée et lavée, pour en obtenir un cuivre noir argentifère.

Grillage. Les schistes du Mansfeld, étant tous plus ou moins bitumineux, doivent être grillés, pour perdre cette substance, qui nuirait à leur fusion. Les schistes de nature calcaire, ferrugineuse ou argileuse, sont grillés séparément. Ce Grillage des schistes.

grillage a lieu en plein air. On dispose sur chaque aire un lit de bois d'un demi-pied de haut, que l'on recouvre de schiste sur une hauteur de cinq à six pieds, et au milieu desquels on ménage un ou plusieurs canaux pour pouvoir mettre le feu. En général, on grille cinquante foudres à-la-fois; on emploie dix à vingt-cinq shocs de bois, selon que le minerai est plus ou moins bitumineux; le feu dure de quatre à dix semaines, selon la température, et, dans cette opération, un foudre de 48 quintaux perd environ 6 quintaux de son poids.

Fusion des schistes grillés.

La fusion des schistes s'opère dans un fourneau à manche, de quatorze pieds de hauteur; la sole, faite d'une pierre de grès rouge, a trois pouces d'inclinaison. A partir de cette sole jusqu'à la hauteur de six pieds, il est construit de pierre de grès rouge, tandis que sa partie supérieure est construite en brique. La tuyère, presque horizontale, est élevée de deux pieds au-dessus de la sole. Les coupes horizontales, prises au niveau du gueulard, de la tuyère et de la sole, ont les proportions suivantes:

Largeur postérieure.	Largeur antérieure.	Profondeur.
1re. coupe, 1 p. 9 po.	1 p.	2 p. 1 po.
2e. coupe, 2 p. 3 po.	1 p. 9 po.	2 p. 4 po.
3e. coupe, 2 p.	1 p. 6 po.	2 p.

La tuyère reçoit la buse de deux soufflets en bois, dont les dimensions sont de huit pieds sept pouces de longueur, trois pieds trois pouces de largeur postérieure, un pied huit pouces de largeur antérieure et deux pieds de levée.

Sur la paroi de devant est pratiqué l'œil, qui communique, par deux petites rigoles, à deux

bassins de réception creusés dans le sol et formés de brasque.

Lorsqu'on veut fondre, on prépare ainsi les lits de fusion : on met, en couches successives près du gueulard,

20 quintaux de schiste ferrifère.
14 quintaux de schiste calcaire.
6 quintaux de schiste argileux.
2 quintaux de crasses.
3 quintaux à 3 ½ chaux fluatée, selon qu'on fond au charbon de bois ou au coak.
3 quintaux de scories ou laitiers riches.

48 quintaux, composition d'un foudre.

Le fourneau étant échauffé, ce qui exige un temps de six à vingt-quatre heures, selon qu'il a déjà servi ou non, on le remplit à moitié de charbon, et on commence par charger en scories pour mettre en train et former le nez. Lorsque la cuve est pleine, on donne le vent et on charge en minerai. Les charges se composent alors selon qu'on use de charbon de bois ou de coak,

1°. de 30 liv. charbon.
150 liv. schiste.

2°. de 75 liv. coak.
160 liv. schiste.

Le fourneau allant bien, on donne aux soufflets huit impulsions par minute, dans la fonte au coak comme dans celle au charbon de bois; une impulsion peut donner 25 pieds cubes d'air.

Dans la fonte au charbon de bois, on passe ordinairement un foudre ou lit de fusion en seize heures; on consomme neuf trois quarts à dix masses de charbon, et on retire

3 ½ quintaux de matte de cuivre à 50 à 52 liv. cuivre par quintal.
½ quintal de fer.
¾ quintaux de scories.
½ quintal de crasses, dites *schwel*.

Dans la fonte au coak, on fait passer au fourneau un foudre en quinze heures; on use six tonnes et demie de coak, et on obtient les mêmes produits, à l'exception du fer, dont la proportion s'élève à un quart de quintal.

Un fourneau reste ordinairement dix-huit à vingt semaines en feu. On fond au nez; on reconnaît que l'opération va bien quand les scories se dégagent facilement, que la matte de cuivre est abondante, que les scories sont très-coulantes, vitreuses et compactes, et la matte compacte, à grain fin et de couleur irisée.

La matte et les scories se séparent dans le bassin et sont enlevées à part. Les scories sont gardées pour d'autres fontes, ou roulées en boules, et utilisées, soit pour chauffer des appartemens, soit pour murailler. On garde pour de nouvelles fontes les dernières, qui sont toujours plus riches en cuivre. Les scories bien compactes, destinées à bâtir, se vendent un écu le shoc ou la soixantaine.

Pour la fusion des schistes, on a un fondeur, un chargeur et un aide pour rouler les schistes et préparer les lits de fusion; tous ces ouvriers sont à la journée : le premier reçoit cinq gros six liards par poste de douze heures; le second cinq gros deux liards, et le troisième quatre gros huit liards. Ce dernier prépare en douze heures les schistes qui doivent passer en ving-quatre heures.

Grillage de la matte brute.

Le grillage de la matte brute de cuivre, obtenue dans la fusion précédente, s'exécute dans des cases semblables à celles de Sangerhausen. On grille ordinairement ici 60 quintaux à-la-fois; on dispose sur la sole une couche mince de bois et de charbon, puis on y étend la matte concassée

en morceaux de deux à trois livres et on recouvre le tout de trois à quatre pouces de menu charbon. Avec le nombre des feux, on augmente la quantité de charbon, et à chaque feu on concasse de nouveau la matte avant de la passer au feu suivant.

On a ordinairement, pour diriger le travail de six cases de grillage, un chef, qui reçoit cinq gros par poste de douze heures, et trois aides, qui reçoivent de deux gros et demi à quatre gros, selon leur âge. Ces derniers doivent porter la matte, faire les lits de grillage et casser la matte après chaque feu.

Voici, au reste, un tableau qui présente la durée des différens feux et la quantité de combustible qu'on emploie à chacun.

Nos des feux.	Durée.	Bois.	Charbon.
1	3 jours.	2 shocs.	» masses.
2	6	2	2
3	8	2	2 ½
4	10	2	3
5	12	2	3 ½
6	12	2	4
Total....	51 jours.	12 shocs	15 masses.

Lavage. Dans les grillages successifs que reçoit Lavage de la matte grillée.

la matte de cuivre, comme il se forme toujours un peu de sulfate de ce métal, on la soumet au lavage après chaque feu, pour dissoudre ce sel, qu'on obtient ensuite par évaporation.

Ce lavage se fait dans trois caisses disposées par gradins et dont les dimensions sont de trois pieds de longueur sur trois de largeur et deux de profondeur. On met dans chacune de ces caisses 25 à 30 quintaux de matte, sur lesquels on jette de l'eau, qu'on laisse séjourner dix-huit heures, et qu'on conduit d'une caisse dans l'autre : l'eau sortant de la dernière tient ordinairement quinze à vingt pour cent de sulfate de cuivre; l'ayant fait clarifier, on la fait évaporer dans une chaudière de plomb, qui a huit pieds de longueur, six de largeur et un de profondeur. Dans l'espace de quatorze heures, elle est amenée à la teneur de trente pour cent avec un shoc de bois, et trois cents pains de tourbe: quand elle a déposé, on la transvase dans des bassins de cuivre, où elle cristallise. De 100 quintaux de matte on retire environ 2 à 2 et demi quintaux de vitriol pur.

On ne lave point la matte après son premier et son dernier grillage, mais après tous ceux intermédiaires. On fait par an, dans les usines de Mansfeld, 600 quintaux de sulfate de cuivre, qu'on vend quinze à vingt écus le quintal.

Pour ce lavage, il y a douze ouvriers, un maître qui reçoit cinq gros et demi par poste de douze heures, et un aide qui a trois à quatre gros dans le même temps.

Fusion de la matte brute grillée et lavée.

Fusion de la matte. La matte de cuivre, grillée six fois et lavée, est enfin amenée à l'état de cuivre

noir dans un fourneau semblable à celui employé pour la fusion des schistes.

Un lit de fusion se compose de 60 quintaux de matte et de 12 à 15 quintaux de scories pauvres venant des schistes ; le fourneau allant bien, on donne aux soufflets dix aspirations par minute. On charge à-la-fois trente livres de charbon de bois et cent soixante-seize à cent quatre-vingts du mélange, et on passe un lit de fusion en vingt-quatre heures avec vingt-quatre masses de charbon ; on en retire des scories riches, 10 quintaux de matte mince et 20 à 25 quintaux de cuivre noir.

Les scories sont réservées pour la fusion des schistes ; la matte mince, riche de soixante-dix livres de cuivre par quintal, est grillée trois fois dans les trois derniers grillages de matte et repassée dans la fonte suivante. Le cuivre noir, qui contient, par quintal de cent quatorze livres, cent livres de cuivre pur et vingt lots d'argent, est mis à part pour être envoyé à l'usine de Hetstädt.

Pour la fusion des mattes, on a un fondeur et son aide, un chargeur, et un manœuvre qui roule les mattes près du fourneau ; tous travaillent douze heures, et reçoivent de six à sept gros par poste.

Dans les usines d'Eisleben et Mansfeld, comprenant, les premières, quatre fourneaux, et les dernières dix fourneaux à schiste, on fond annuellement quatre mille trois cents foudres de schiste de 48 quintaux, d'où l'on obtient environ 5,000 quintaux de cuivre noir.

Les fondans viennent du comté de Stolberg et coûtent, rendus aux usines, cinq gros le quintal. La masse de charbon de quatorze pieds cubes

coûte un écu ; le shoc de bois, de soixante fagots, coûte huit gros.

Les frais de fusion de dix-sept foudres de schiste donnant 25 quintaux de cuivre noir, sont les suivans :

Schistes fondus.	Cuivre noir obtenu.	FRAIS. Combustible. Bois.	Valeur.	Charbon.	Valeur.	Fondant. Chaux fluatée.	Valeur.	Main-d'œuvre.	Total des frais.
foud.	quint.	shoc.	écus.	masses.	écus.	quint.	écus.	écus.	
17	25	24	8	210	210	50	10	50	278

En mesures françaises.

Schistes fondus.	Cuivre noir obtenu.	FRAIS. Combustible. Bois.	Valeur.	Charbon.	Valeur.	Fondant. Chaux fluatée.	Valeur.	Main-d'œuvre.	Total des frais.
kil.	kil.	fagots.	fr. c.	m. cub.	fr.	kil.	fr.	fr.	fr. c.
3264	100	108	2 40	4,60	63	200	3	15	83 40

D'où il suit que les frais montent à onze écus par quintal de cuivre noir obtenu ; d'ailleurs les frais d'administration vont encore à quatre écus par quintal : donc il revient, en définitive, à quinze écus.

Les schistes qui sont extraits des mines des arrondissemens dépendant de Gerbstadt sont fondus dans les usines de Kupferkammer, près Burgorner, et de Rothenbourg et de Friedbourg. Fonderies de l'arrondissement de Gerbstadt.

L'usine de Kupferkammer reçoit les schistes des arrondissemens compris entre Burgorner et Gerbstadt. Ces schistes, assez bitumineux, contiennent, en sortant de la mine, ordinairement deux quintaux d'humidité par foudre. Leur teneur moyenne est d'ailleurs de quatre-vingt-seize livres à 1 quintal de cuivre, et quinze à seize lots d'argent par foudre. L'usine de Kupferkammer a trois fourneaux, auxquels on passe annuellement quinze cents foudres de schiste. Les procédés de fondage sont d'ailleurs les mêmes que ceux usités dans les usines d'Eisleben et Mansfeld.

Les usines de Rothenbourg et Friedbourg traitent les minerais des arrondissemens compris entre Gerbstadt, Zabenstadt et Friedbourg. Ce sont des schistes plus pauvres encore que ceux de Kupferkammer; car ils ne tiennent, par foudre, qu'un quintal de cuivre et douze à quatorze lots d'argent. On les fond par un procédé analogue à celui de Sangerhausen; c'est-à-dire que la matte obtenue de la fusion des schistes, au lieu d'être grillée sept fois et fondue aussitôt pour cuivre noir, n'est grillée que trois fois, concentrée, grillée ensuite sept fois, et enfin réduite en cuivre noir. On peut voir, dans l'ouvrage de M. de Villefosse, les détails concernant les usines de Kupferkammer et Rothenbourg.

L'usine de Rothenbourg renferme deux fourneaux, auxquels on passe annuellement mille foudres de schistes; celle de Friedbourg en ren-

ferme quatre, où l'on fond deux mille foudres.

Les résultats généraux des usines de l'arrondissement de Gerbstadt sont renfermés d'ailleurs dans le tableau suivant, relatif à la production totale annuelle du grand district de Mansfeld.

Districts.	Nombre de fourneaux.	Nombre des ouvriers.	Quantité de schiste fondue.	Combustible employé.			Quantité de chaux fondue.	Cuivre noir obtenu.	Frais par quintal de cuivre.
				Bois.	Charbon.	Coak.			
			foud.	shocs.	foud.	sheffel.	quint.	quint.	éc.
Mansfeld..	14	120	4,300	5,000	2,100	26,000	10,000	5,000	15
Gerbstadt.	10	80	4,500	4,400	2,800	28,000	8,000	4,500	16
TOTAL..	24	200	8,800	9,400	4,900	54,000	18,000	9,500	

En mesures françaises.

Districts.	Nombr. de fourneaux.	Nombr. des ouvriers.	Quantité de schiste fondue.	Combustible employé.			Quantité de chaux fondue.	Cuivre noir obtenu.	Frais par 50 kil de cuivre.
				Bois.	Charbon.	Coak.			
			myr.	fagots.	m. cub.	m. cub	kil.	kil.	fr.
Mansfeld..	14	120	1,100,000	300,000	7,350	1,534	532,950	266,475	56,28
Gerbstadt.	10	80	1,151,100	264,009	9,800	1,652	426,360	239,727	60
TOTAL..	24	200	2,251,100	564,000	17,150	3,186	959,310	506,202	

3°. *Usine à liquation de Hetstädt.*

L'usine de Hetstädt, située non loin de la petite ville de ce nom, fut commencée en 1686 et considérablement augmentée en 1714; elle appartient à la société qui possède les mines de cuivre du Mansfeld. Cette société, composée en grande partie de Saxons, est représentée par une commission très-éclairée, qui s'assemble, deux fois par an, à l'usine, où, sous la présidence du directeur des mines, elle traite des parties techniques, économiques et administratives, des opérations de commerce, et du droit, enfin des objets personnels. Disposition et description de l'usine.

La construction de cette usine présente un immense rectangle, embrassant une cour d'environ sept mille pieds carrés de surface. Sur l'un des côtés longs qui bordent cette cour, sont les divers fourneaux; sur l'autre, les logemens des officiers et les salles de conférence; sur les deux petits côtés, les magasins à charbon et logemens des employés subalternes.

La disposition intérieure de l'usine proprement dite est très-convenable. Sur l'un des côtés, sont tous les fourneaux et foyers qui exigent l'emploi des soufflets, et sur l'autre ceux qui n'en font point usage. On a d'ailleurs mis, autant que possible, en regard les uns des autres les feux des travaux correspondans. Ainsi, le fourneau de liquation se trouve vis-à-vis celui où se préparent les pains de liquation; le foyer d'affinage vis-à-vis du foyer de ressuage, où l'on obtient les carcasses. On compte, sur l'un des côtés, quatre fourneaux à manche pour la préparation des

pains, quatre fourneaux de coupelle, deux foyers d'affinerie et cinq demi-hauts-fourneaux ; et de l'autre côté, les fourneaux de liquation et de ressuage. Sur ce dernier côté, se trouvent en outre une chambre pour poser le cuivre et le casser, une autre pour le dépôt du plomb et du cuivre rompu, une pour les essais, enfin un bocard à charbon et le marteau pour casser le cuivre. L'étage supérieur de l'usine comprend les emplacemens pour les lits de fusion, et plusieurs places de dépôt pour la cendre et autres matériaux.

Les usines qui livrent leur cuivre noir à l'usine de Hetstädt en sont éloignées d'une demi-lieue à quatre lieues. Elles sont, comme nous l'avons déjà dit, au nombre de neuf, savoir : 1°. celle de Kupferkammer, distante d'une demi-lieue; les trois de Mansfeld, distantes de deux lieues; les deux d'Eisleben, distantes de trois, et les deux de Rothenbourg et Friedbourg, distantes de quatre lieues.

La quantité que doit livrer chaque usine est fixée d'avance et déterminée en raison du débit, du prix du cuivre, de la concurrence, des frais nécessaires et du gain qu'on veut obtenir. En général, les neuf usines livrent annuellement de 6 à 10,000 quintaux de cuivre noir.

Ce cuivre est livré par postes de 20 quintaux de 114 livres. Avant de le peser, et pour contrôler la quantité d'argent et de cuivre y contenue, on enlève de chaque plaque des morceaux d'environ deux livres et demie, qu'on mêle entre eux et qu'on divise en trois parties. L'administrateur de l'usine qui livre le cuivre en reçoit une partie; la seconde

est donnée à l'essayeur royal, comme partie intéressée, et la troisième à l'usine de Hetstädt, comme partie prenante. Cela fait, on pèse les postes et l'on compte les rondelles, et sur la plus grande on inscrit le nom de l'usine, le trimestre et la semaine de l'envoi, le nombre de quintaux délivré et celui des rondelles, et alors le secrétaire donne un certificat à l'homme qui accompagne les voitures. C'est ordinairement dans la sixième, neuvième, onzième et treizième semaine que se font ces envois. À l'arrivée, le conducteur donne son certificat à l'officier chargé de le recevoir : alors celui-ci fait décharger, compte les rondelles, les morceaux, et les prend sous sa responsabilité. Lorsque tout est délivré, l'usine de Hetstädt fait peser de nouveau en présence du directeur de l'usine à cuivre; mais elle prend alors une livre par quintal pour les crasses, ou pèse chaque quintal à cent quinze livres.

A la fin de chaque trimestre, l'usine de Hetstädt termine son compte avec l'usine à cuivre; elle paie cent dix livres de cuivre pur pour chaque quintal de cuivre noir reçu, et à l'égard de la teneur en argent de ce cuivre noir, qui a été reconnue par les essais et vérifiée par les contrôles, elle en compte par quintal neuf lots de moins pour les frais d'usine. On verra que ces deux droits sont très-faibles, si on considère le grand nombre de feux par lesquels ce cuivre doit passer.

Dans l'espace de trois ans, a lieu l'ensemble des opérations dont la suite est celle-ci : Précis des opérations qui s'y exécutent.

1°. *Division* ou cassage du cuivre noir pour le disposer aux opérations suivantes.

2°. *Rafraîchissage* ou préparation des pains de liquation par la fusion simultanée du cuivre noir argentifère avec du plomb. On retire, en outre, de cette opération, des scories, qui sont passées en partie dans les rafraîchissages suivans.

3°. *Liquation* des pains précédens, qui, par la plus facile fusibilité du plomb que du cuivre, et la plus grande affinité de ce métal pour l'argent, donne du plomb argentifère d'une part et des résidus cuivreux encore argentifères de l'autre. On obtient en outre, ici, une scorie stalactiforme.

4°. *Coupellation* du plomb argentifère, où, par la plus facile oxidation du plomb, l'argent reste seul, tandis que le plomb s'écoule sous forme de litharge ou pénètre dans la sole.

5°. *Raffinage* de l'argent.

6°. *Ressuage* des résidus cuivreux du n°. 3, pour les dégager des dernières portions de plomb et autres métaux qu'il peut contenir. On retire de cette opération des pains cuivreux (*darrlinge*), des fragmens cuivreux (*pickshieffer*) et des scories (*darrchlacke*).

7°. *Raffinage* des pains cuivreux, où l'on obtient cuivre rosette et laitier.

8°. *Fusion* des crasses et scories, où l'on traite une partie des scories de rafraîchissage, les scories de liquation, la litharge et sole de coupellation, les scories et écailles de ressuage, enfin les résidus de lavage des débris des fourneaux. On obtient de cette fusion des pains de liquation pauvres, qui, liquatés, donnent un plomb d'œuvre qu'on passe au rafraîchissage, et des scories

riches, qu'on repasse quatre fois, et qui donnent alors des scories pauvres, qu'on rejette;

9°. Enfin, *fusion* des crasses d'affinage, qui donnent des résidus cuivreux qu'on fait ressuer et affiner.

1°. *Division du cuivre.*

Pour opérer une dissolution aussi rapide que possible de la masse de cuivre noir à rafraîchir, on divise les rondelles en petites parties, qui offrent alors plus de points de contact avec le calorique. Ces rondelles n'ayant pas d'ailleurs ordinairement plus d'un demi-pouce d'épaisseur, on exécute, le plus souvent, cette division à froid; celles cependant qui ont une épaisseur plus considérable le sont à chaud. Division du cuivre noir.

Cette division s'opère à l'aide d'un pilon mu par l'eau à la manière des pilons ordinaires de bocards. Ce pilon porte, à son extrémité, un fer fait en forme de coin, et vient frapper sur une autre pièce de fer présentant un angle. On passe les rondelles sur cette dernière pièce lorsque le pilon s'élève, et en retombant il les casse en morceaux de trois à cinq livres carrés, ou de trois à cinq livres pesant. Le poids de ce pilon est de vingt-trois quintaux, sa vitesse de cinquante chutes par minute; trois ouvriers à la journée sont chargés de ce travail: l'un amène les rondelles de cuivre; l'autre les tient sous le pilon, et le troisième conduit les morceaux dans la chambre de réserve, où il les dépose en postes de 20 quintaux, comme ils ont été délivrés. Ces différens postes sont tous dans des cases séparées, portant un écriteau, sur lequel est inscrite la teneur. Dans un poste de travail de cinq à six heures, trois ouvriers

peuvent briser cinq postes ou 100 quintaux de cuivre noir. L'ouvrier qui tient les rondelles sous le pilon doit, du reste, user de beaucoup de prévoyance pour éviter les éclats, et saisir l'instant favorable pour enlever les débris de dessus l'enclume.

Les rondelles épaisses de cuivre noir qui ne pourraient être cassées à froid sont d'abord chauffées au rouge, et ensuite cassées sur une plaque de fer, à l'aide de marteaux de dix à douze livres. On rassemble ordinairement ces rondelles jusqu'à ce qu'on en ait une quantité suffisante: alors on les place au milieu des charbons sur le foyer d'affinage du cuivre; on allume, on donne le vent, et quand elles sont suffisamment chaudes, on les casse. Ce sont les raffineurs qui s'occupent de ce travail, pour lequel ils sont payés à la journée. Parmi les cuivres noirs des divers districts, on trouve la plus grande partie des grosses rondelles dans ceux de Mansfeld et Eisleben, tandis que ceux de Kupferkammer et Rothenbourg n'en donnent que fort peu. La raison en est que les rondelles de Mansfeld et Eisleben sont, dans leur état de fusion, plus conductrices de la chaleur que les autres, comme plus pures. La division des rondelles se fait tous les samedis, celle des culots ou rondelles épaisses environ quatre fois par an.

2°. *Du rafraîchissage.*

Rafraîchissage.

L'opération du rafraîchissage se fait dans un fourneau à manche, bâti en grès, qui a cinq pieds de hauteur de la sole au gueulard et dont la sole a dix-huit pouces de largeur postérieure, douze pouces de largeur antérieure et deux pieds

trois pouces de profondeur. La sole, faite de brasque légère, composée de cinq parties de charbon sur trois parties d'argile, a une inclinaison de six pouces: la forme, faite de cuivre, est à . . . de la sole; elle reçoit la buse de deux soufflets en bois et est presque horizontale. Le bassin de réception a dix pouces de diamètre et seize de profondeur; celui de percée, fait en fer fondu, a deux pieds de largeur.

Le cuivre noir est un alliage de cuivre et d'argent mélangé de fer, nickel, zinc, cobalt, soufre et quelques terres. Le but qu'on se propose dans le rafraîchissage est de chasser ces matières mélangées et de séparer l'argent du cuivre : le moyen d'y parvenir est d'ajouter du plomb, car l'expérience a appris que, quoique le cuivre n'ait pas pour l'argent une moindre affinité que le plomb, cependant celui-ci peut le lui enlever dans un rapport déterminé des masses et de la température. On produit une bonne séparation en employant trois fois autant de plomb que de cuivre; on opère ainsi non-seulement la réunion des masses, mais on force l'argent à s'unir intimement au plomb. Si on prenait moins de plomb que de cuivre, ou portions égales, ou même seulement une fois autant de plomb que de cuivre, l'opération ne réussirait pas. D'un autre côté, on ne doit pas non plus employer une trop grande quantité de plomb, car alors on obtiendrait un plomb d'œuvre trop pauvre pour être coupellé, il faudrait préalablement l'enrichir, et par là on brûlerait beaucoup de plomb.

On doit donc suivre la proportion indiquée par l'expérience dans la préparation des mélanges à fondre. Ces mélanges sont de deux sortes, riches

ou pauvres, selon qu'on emploie des cuivres noirs riches ou pauvres en argent. On fait des mélanges pour chaque pain; quarante pains forment ce qu'on nomme (*frischen*) une fusion.

Pour un pain pauvre on prend les cuivres noirs, qui tiennent seulement de douze à dix-huit lots d'argent par quintal. On fait entrer dans sa composition 10 quarts de quintaux de plomb pauvre, et 3 quarts de quintaux de ces cuivres noirs à la teneur totale de 47 quintes d'argent. Par exemple :

$\frac{1}{2}$ quintal de cuivre noir de Kupferkammerhutte, à 14 lots au quintal.	28 quintes argent.
$\frac{1}{4}$ quintal de cuivre des usines d'Eisleben à 19 lots au quintal.	19 quintes.
$\frac{3}{4}$ quintaux cuivre noir tenant.	47 quintes.

Pour un pain riche on prend les cuivres noirs les plus riches de Mansfeld et Eisleben. On fait entrer dans sa composition 5 huitièmes à 3 quarts de quintaux de ces cuivres noirs, et 11 quarts de quintaux de plomb en partie pauvre et en partie un peu argentifère, lesquels doivent tenir ensemble 72 à 73 quintes d'argent. Exemple :

$\frac{1}{2}$ quintal de cuivre noir de Mansfeld, à 20 lots	40 quint.
$\frac{3}{16}$ quintal de cuivre noir d'Eisleben, à 20 lots.	15
$\frac{1}{16}$ quintal de Kupferkammerhutte, à 16 lots.	4
$\frac{3}{8}$ quintal plomb de. . . . . , à 3 lots.	$4\frac{1}{2}$.
1cc quintal plomb de. . . . . , à $2\frac{1}{2}$ lots.	10
$1\frac{1}{4}$ quintal plomb pauvre.	»
$\frac{1}{8}$ quintal litharge.	»
$\frac{3}{4}$ quint. cuiv. noirs. $\frac{11}{4}$ quint. plomb avec. . .	$73\frac{1}{2}$ q. d'arg.

On pèse le cuivre par quintaux de cent quatorze livres, le plomb par cent dix livres. On pèse à-la-fois une quantité suffisant pour quarante

pains, que l'on dépose devant le fourneau où ils doivent être passés.

Le fourneau étant chauffé et rempli de charbon, on donne le vent, qu'on maintient à dix à douze aspirations des soufflets par minute. On commence ensuite par passer six pains pauvres, pour mettre le fourneau en train; puis on charge les pains riches.

On charge ordinairement, d'abord les 3 quarts de quintaux de cuivre noir, puis une mesure de charbon, et lorsque le cuivre est arrivé au bas et commence à couler, on charge les 11 quarts de quintaux de plomb correspondans, qu'on fait suivre aussitôt d'une mesure de charbon et de 3 quarts de quintaux de cuivre du pain suivant, parce que le cuivre exige, pour fondre, plus de temps que le plomb. On charge le cuivre, le plomb sur la paroi de derrière et les charbons sur le devant.

Le fondeur entretient devant la forme une petite paroi de scories, afin de préserver la forme de la chaleur et d'éviter que le cuivre ne soit trop refroidi à son passage à la tuyère. Le bassin de réception, dont les dimensions sont celles nécessaires à un pain, étant rempli, on bouche l'œil, on fait la percée et on reçoit les métaux dans le bassin inférieur. On les refroidit subitement et on les enlève. Les scories de cette opération sont repassées en partie et en partie recueillies pour être traitées à part.

Le feu étant mené vivement, et les soufflets ayant chacun douze à quinze impulsions par minute, et donnant dix-huit à vingt pieds cubes d'air par impulsion, il passe moyennement un pain toutes les huit minutes. Pour une fusion de

les deux petits côtés; l'autre côté long se ferme ordinairement avec une plaque de tôle quand les pains sont placés. Les fourneaux les plus grands ont six pieds de longueur intérieure et les petits quatre pieds.

Lorsqu'on veut liquater, l'aire étant nettoyée, le conduit ou canal entre les murailles plein de charbon et le bassin extérieur échauffé, on dispose, sur l'aire, les pains à liquater, de champ, à six pouces de distance environ les uns des autres, au moyen de petits morceaux de bois qu'on introduit entre deux; ensuite on remplit les intervalles avec de menus charbons enflammés, qu'on recouvre de charbons noirs. On ferme l'aire avec la plaque de tôle, et on met de nouveaux charbons pour couvrir les pains. Dans l'espace de trois quarts d'heure, tous ces charbons sont enflammés. Les pains commencent à liquater, alors le plomb uni à l'argent coule dans le conduit et de là se rend dans le bassin de réception. Quand tous les charbons sont brûlés, on en met d'autres; on en donne aussi au conduit pour maintenir le plomb fluide. Dès que le bassin est plein, on puise le plomb, qu'on verse dans des poêles de fer d'environ un quart de quintal, et quand il est refroidi, on l'en retire au moyen d'un pic.

Un homme conduit ordinairement deux aires de liquation dans son poste de cinq heures, pendant lequel il reçoit quatre gros. Cet ouvrier doit prendre d'ailleurs les précautions suivantes:

1°. Faire que les pains diminuent graduellement et simultanément, et il y parvient facilement en couvrant ou fermant les canaux qui traversent le fourneau, en donnant plus ou moins de charbon, et en ayant soin de maintenir, avec un mor-

ceau de fer, les pains toujours dans la même position verticale et à la même distance les uns des autres, en introduisant entre eux de gros charbons;

2°. Remuer continuellement les scories dans le conduit, et le plomb dans le bassin.

3°. Mener d'abord le feu lentement pour que le plomb n'entraîne pas de cuivre avec lui, et l'augmenter vers la fin, afin qu'il ne reste pas trop de plomb et d'argent dans le cuivre.

En général, pour la liquation de quarante pains venant d'une fusion, on consomme un foudre, ou douze masses de charbon. Les produits sont:

1°. 78 à 84 quintaux de plomb, de 7 lots à 7 lots et demi au quintal, et une très-petite quantité de cuivre;

2°. 9 à 10 quintaux de plomb pauvre, à 3 lots et demi à 4 lots, venant des 6 pains pauvres;

3°. 30 à 36 quintaux de résidus cuivreux, à 2 lots et demi à 3 lots d'argent au quintal;

4°. 20 à 24 quintaux de scories du conduit, formées de plomb oxidé, particules de cuivre et charbon.

La liquation au bois se faisait dans un fourneau à réverbère, dont la sole était formée de quatre aires de liquation juxta-posées, et dont on voit le dessin dans la planche 57 de l'Atlas de M. Villefosse. Dans ce fourneau, on mettait, à chaque fois, soixante pains de liquation, savoir: seize sur chacune des deux aires le plus près du foyer, quinze sur la troisième et treize seulement sur la quatrième ou la plus éloignée du foyer. L'opération durait six à sept heures, consommait

soixante shocs de bois, et donnait 140 quintaux de plomb d'œuvre, de six à sept lots d'argent au quintal : d'où il suit que la liquation de quarante pains n'exige, par cette méthode, que quarante shocs de bois, et donne 93 quintaux un tiers de plomb d'œuvre; et si l'on compare ces résultats à ceux de la liquation au charbon de bois, on voit que les avantages de la méthode au bois sont

1°. De produire plus de plomb d'œuvre d'un même nombre de pains de liquation;

2°. De rendre les frais de combustible beaucoup moindres, le charbon de bois valant un écu la masse, et le shoc de bois huit gros seulement;

3°. De liquater un plus grand nombre de pains dans le même temps.

Mais d'un autre côté, dans cette méthode au bois,

1°. La liquation ne se fait pas uniformément pour tous les pains; ceux les plus éloignés du foyer ne sont pas assez échauffés, ou les premiers le sont beaucoup trop;

2°. Les résidus cuivreux sont plus difficiles à ressuer : liquatés à un plus haut degré que ceux au charbon, ils exigent, au ressuage, une haute température, qui occasionne souvent une perte en cuivre; et ces raisons ayant prévalu sur les premières, on a abandonné la liquation au bois en nature.

De la coupellation.

Coupellation. Le plomb d'œuvre obtenu de la liquation est soumis à la coupellation, dans le but d'obtenir l'argent contenu. Ce procédé consiste à faire

fondre le plomb et à diriger sur lui un courant d'air, qui l'oxide et le sépare de l'argent, qui, moins oxidable, se réunit au fond à son état de pureté. Les plombs d'œuvre à sept lots d'argent au quintal, venant des pains riches, sont seuls coupellés; ceux moins riches, produits des pains pauvres, perdraient trop de plomb et servent aux rafraîchissages.

On a, à l'usine de Hetstädt, quatre fourneaux de coupelle, savoir : un avec un chapeau de fer mobile, et trois avec des voûtes muraillées et immobiles. Ces dernières portent, à leur sommet, une ouverture qu'on tient fermée, avec une plaque de tôle, pendant l'opération, et qu'on ouvre lorsqu'on fait la sole ou qu'on l'enlève. Ces fourneaux, construits d'ailleurs à l'ordinaire, ont dix à onze pieds de diamètre intérieur, et cinq pieds de plus grande hauteur de voûte.

On emploie pour sole de coupelle des cendres lessivées; des journaliers la mettent en tas sur une grande aire, l'étendent avec des râteaux, la battent avec des pilons de bois, enlèvent les amas qui résistent à l'écrasement, et lorsqu'elle est assez fine pour être criblée, la roulent sur l'emplacement qui lui est destiné près des fourneaux.

Le coupelleur la crible ensuite lorsqu'il veut s'en servir, et la mêle avec moitié de débris d'ancienne sole, qui est exempte de plomb et qu'il a aussi criblée. Pour une sole de coupellation, il faut dix-huit boisseaux de cendres.

Ces cendres, étant préparées et arrosées d'autant d'eau qu'il en faut pour leur donner du liant, on l'introduit par parties dans le fourneau, et le coupelleur l'étend par assises et la bat avec le

poing et un pilon de la circonférence au centre, à chaque fois, il l'égalise; enfin il trace au couteau une rigole vers le milieu de la sole et l'ouverture pour la litharge.

Aussitôt que la sole de coupelle est préparée, on la sèche avec deux shocs et demi de bois et deux corbeilles de charbon qu'on brûle dessus. On balaie, ensuite on recouvre cette sole de paille et l'on introduit le plomb d'œuvre. On commence alors à chauffer au bois; on pousse le feu vivement, jusqu'à ce que le plomb rougisse, et en cet instant, on donne le vent. On fait faire ordinairement treize aspirations par minute à chaque soufflet. Une demi-heure après, le bain devient clair et bien liquide; on laisse alors tomber un peu le feu : bientôt la litharge se forme et commence à couler; le plomb s'oxide de plus en plus et l'argent se concentre.

L'ouvrier doit maintenir le vent uniforme, donner un feu ménagé; car, trop élevé, il se brûlerait une quantité notable de plomb et d'argent; enfin faire écouler continuellement la litharge de manière qu'il en reste toujours une couronne de neuf à douze pouces autour du bain.

Lorsque les dernières parties de plomb sont oxidées, et que le culot d'argent se montre, on le refroidit aussitôt, on le sort du fourneau et on le livre à l'officier de l'usine. La sole est aussi enlevée et mise à part avec la litharge pour être repassées l'une et l'autre dans la fonte des scories.

Dans une coupellation, on introduit 80 à 82 quintaux de plomb d'œuvre, qui, dans quatorze à quinze heures, consomment 32 à 34 shocs de bois et donnent, 1°. quarante à quarante-deux marcs d'argent à quatorze lots, 2 quintes d'ar-

gent pur par marc; 2°. 60 à 64 quintaux de litharge à quatre-vingt-six à quatre-vingt-huit livres de plomb par quintal, et un demi-lot d'argent; 3°. 30 à 32 quintaux de sole à soixante-quatorze à soixante-seize livres de plomb.

Pour ce travail, on a trois ouvriers : le maître, l'aide, et le garçon pour fournir le bois; le maître et son aide se relèvent.

Pour une coupellation, on compte au maître quatre postes à six gros, savoir : un pour le criblage de la cendre, un pour la préparation de la sole et deux pour la coupellation proprement dite. L'aide reçoit au contraire trois postes à cinq gros trois liards, savoir : un pour mélange de la cendre et deux pour coupellation; enfin, le garçon reçoit deux postes à quatre gros.

Lorsque le débit est abondant, on fait, par semaine, deux coupellations dans un même fourneau.

Du raffinage de l'argent.

L'argent obtenu à la coupellation, retenant encore un peu de plomb et de cuivre, et n'étant pas assez fin pour la monnaie, il faut le soumettre à l'opération du raffinage, dans laquelle on volatilise, oxide et scorifie ces parties étrangères. Raffinage de l'argent.

Ce raffinage s'exécute, à Hetstädt, dans un têt fait de cendres lessivées, qu'on pose sous la buse d'un soufflet de bois. Ce têt se forme ainsi : dans un vase de tôle qui a douze pouces de largeur et huit pouces de hauteur, on pile la cendre de manière à le remplir; ensuite on y forme au couteau un creux de grandeur convenable.

Le têt étant disposé près des soufflets, on

l'échauffe avec des charbons. Pendant ce temps-là, on chauffe au rouge les culots des deux coupellations, au milieu de charbons enflammés, et lorsqu'ils sont au point que le poussier de charbon, qu'on jette sur eux, s'enflamme subitement, on les prend à la pince et on les divise, au marteau, en morceaux de trois à six pouces carrés.

Alors on met du papier dans le têt, puis les morceaux d'argent, de manière qu'aucun ne dépasse les bords, puis enfin de petits charbons sur le tout. On laisse ces charbons s'allumer peu-à-peu et l'argent rougir. Au bout de trois quarts d'heure, l'argent étant rouge, on donne le vent, et on entretient de charbons jusqu'à ce qu'il y ait fusion complète. Alors, lorsque le bain est assez chaud pour pouvoir retirer les charbons sans risque de le refroidir, ce que l'on reconnaît quand rien ne s'attache à un fer tourné en spirale qu'on y plonge, on retire ces charbons et on recouvre le têt de longs et gros charbons. Le vent donnant sur la surface du bain, qu'on agite constamment, on voit le plomb se volatiliser, s'oxider et former des scories qu'on enlève avec précaution. Dans l'espace de trois quarts d'heure, l'argent est purifié. La première marque de cet état est dans la surface du bain, qui devient miroitante; une seconde est dans cette propriété de l'argent, de former au bout de la verge de fer, qu'on introduit d'environ un quart de pouce et retire subitement, un bouton qui se répand bientôt de tous côtés. Lorsqu'il montre ces caractères, on enlève les charbons peu-à-peu, et on finit de le refroidir en jetant de l'eau dessus; ensuite on l'enlève du têt, à l'aide de ciseaux et de pinces, et on l'approprie; enfin on découpe deux petites

écailles à la partie supérieure et inférieure pour s'assurer de son degré de pureté. Ces écailles sont laminées et les feuilles coupées en petits morceaux, on en pèse exactement deux marcs, qu'on introduit sous la moufle d'un fourneau à coupelle, dans deux petits têts auxquels on ajoute du plomb. Les deux essais doivent correspondre et donner, si l'argent est bien affiné, quinze lots trois quintes d'argent pur chacun.

Le raffinage de l'argent a lieu devant un officier de mine; un jeune homme, à ses ordres, conduit le travail et reçoit quatre gros par poste.

Pour un raffinage de quatre-vingt-quatre à quatre-vingt-six marcs d'argent de coupellation, on use une demi-masse à trois quarts de masse de charbon, et on retire ordinairement soixante-seize à soixante-dix-sept marcs d'argent fin.

Du ressuage.

Ressuage des résidus cuivreux.

Dans ce travail, on opère l'oxidation et la séparation des métaux étrangers contenus dans les résidus cuivreux, de la manière qui soit la plus convenable possible, soit pour reproduire ces métaux, soit pour rendre le cuivre plus pur et plus propre à être affiné et à exiger la moindre quantité de combustible.

Les métaux étrangers au cuivre qu'il faut oxider sont le plomb avec argent, le nickel, le fer et le cobalt. On doit, dans cette opération, produire un bon courant d'air, exposer les résidus cuivreux de manière qu'ils en soient atteints de tous côtés; enfin chauffer avec du bois plutôt qu'avec du charbon, qui absorberait une partie de l'oxigène de l'air.

Le fourneau de ressuage dont on se sert à Hetstädt forme un carré de onze pieds, entouré de murailles de trois côtés et recouvert d'une voûte. La sole, faite de brique, et inclinée d'un pied vers le devant jusqu'au niveau du sol de l'usine, porte six bancs ou murailles, entre lesquelles sont des intervalles où les matières coulent sur la sole et se rendent hors du fourneau. Sur la face de derrière, sont plusieurs ouvertures pour le dégagement de la fumée et la conduite du feu. (Voyez l'*Atlas* de M. de Villefosse, planche 57, *fig.* 12 à 14.)

On charge ordinairement dans ce fourneau 150 à 200 quintaux de résidus cuivreux venant des rafraîchissages, 150 à 100 quintaux de résidus provenant des fontes et refontes des scories, et enfin environ 20 quintaux de cuivre noir impur venant de la fonte des crasses d'affinage.

On dispose ces résidus sur les bancs de ressuage, de manière que ceux d'un banc s'appuient contre ceux de l'autre, et on met les plus gros en dessous et les plus petits en dessus. Le fourneau étant plein, on ferme la face antérieure par une paroi mobile, qu'on abaisse au niveau des bancs.

On donne alors le feu avec des bois fendus, qu'on introduit dans les intervalles laissés entre ces bancs; sa conduite présente trois périodes : dans la première, où l'on donne un petit feu pour échauffer les masses, on commence d'abord par échauffer celles antérieures, en avançant peu le combustible dans les conduits et tenant les ouvertures d'air bouchées; ensuite on débouche ces ouvertures et on porte le feu sous les masses du milieu; enfin on bouche de nouveau ces ouvertures, et on donne le feu aux masses postérieu-

res. Il faut ordinairement quatre à cinq heures pour porter au rouge tous ces résidus : alors commence la seconde période, dans laquelle on donne un demi-feu, et pendant laquelle se fait le suintage des masses ; enfin, dans la troisième période, on donne un grand feu pour faire suinter les dernières parties.

Les produits de ce ressuage sont des scories (*darr-schlacke*) formées d'un mélange de charbon, plomb, fer oxidé, etc., qu'on repasse. Elles sont retirées des canaux toutes les deux heures, à l'aide de ringards en fer. Les premières sont très-plombifères et noirâtres pendant le petit et le demi-feu, tandis que celles du plein feu sont de plus en plus rougeâtres et chargées de cuivre.

Les carcasses (*darrlinge*) qui restent dans le fourneau sont retirées aussi rapidement que possible, avant qu'elles ne soient entièrement refroidies, et jetées dans un baquet d'eau. Celles qu'on ne peut enlever ainsi sont brisées et retirées par parties : toutes sont d'ailleurs recouvertes, à la surface, d'une croûte de métaux oxidés, d'un aspect noir grisâtre, que des journaliers font tomber avec des marteaux, et qu'on nomme *pickshiefer*.

Enfin des soles de fourneaux (*darrsohle*), qui contiennent une proportion notable d'argent, sont pour cela mises à part et fondues, avec un mélange de résidus de lavage aussi argentifères, dans un fourneau analogue à celui de rafraîchissage. De cette fusion on retire des scories, qu'on repasse dans la fonte des scories riches, et un produit plombo-argentifère, qu'on passe dans les coupellations par parties d'un quintal et demi.

Un ressuage dure ordinairement dix-huit heures, et occupe deux ouvriers, qui reçoivent chacun vingt gros : pendant ce temps, on brûle sept cordes de bois fendu.

De 320 quintaux de résidus cuivreux, on retire les produits suivans :

1°. 180 à 200 quintaux carcasses, à 3 à 3 un quart lots d'argent, 40 à 60 livres cuivre, 40 à 70 livres plomb au quintal;

2°. 60 à 70 quintaux scories, à 21 livres cuivre et 30 livres plomb au quintal;

3°. 7 à 8 quintaux soles, à 2 lots d'argent, 33 livres cuivre, et 80 livres plomb ;

4°. . . . . . . écailles.

Raffinage du cuivre.

Raffinage du cuivre.

Cette opération consiste à achever l'oxidation et la scorification des métaux étrangers au cuivre. A cet effet, on amène le cuivre à un état de fluidité parfait, et on dirige dessus un bon courant d'air, qui oxide le plomb, le nickel, le cobalt et une partie du fer.

A l'usine de Hetstädt, on exécute l'affinage en petites masses, qu'on préfère à celui en grandes masses pour les raisons suivantes :

1°. Dans l'affinage, en petites parties, on est plus maître de diriger l'opération ;

2°. Les petites rondelles qu'on obtient sont plus commodes à peser et transporter;

3°. Les soufflets peuvent agir avec plus de force ;

4°. Dans le travail du cuivre avec les charbons, ce métal est préservé davantage de l'oxidation.

L'usine de Hetstädt possède deux doubles aires d'affinage : chacune de ces aires est profonde de

dix pouces et a dix-huit pouces de diamètre; elle est faite d'une brasque légère, formée de cinq parties d'argile et d'une partie de charbon. La forme, qui reçoit les buses de deux grands soufflets en bois, est faite de cuivre forgé; elle plonge de quinze degrés et saille fortement dans l'aire.

L'aire étant chauffée avec quelques charbons enflammés, on la remplit entièrement de charbons, sur lesquels on place trois quarts de quintal des carcasses de cuivre qu'on veut affiner; on a soin de laisser entre ces carcasses et la forme un intervalle de huit à neuf pouces, que l'on remplit de charbon, afin que les soufflets ne frappent pas immédiatement sur le cuivre. On recouvre ensuite ces carcasses elles-mêmes de charbons, et on donne le vent. On fait faire à chaque soufflet vingt aspirations par minute. Le cuivre ne tarde pas à fondre et à se rendre dans le bassin d'affinage, et au fur et à mesure on en remet d'autre, qu'on recouvre toujours de charbon, jusqu'à ce que l'aire soit remplie de ce cuivre fondu.

Le courant d'air, plongeant dans le bain, oxide et scorifie le plomb, le cobalt, le nickel, le fer et le peu de terre retenu par le cuivre; ces scories se portent à la surface, on les fait couler au-delà de l'aire, et on les met à part. Les premières sont noirâtres, chargées de plomb; les dernières s'approchent de plus en plus du rouge de cuivre; on doit alors saisir le point de l'affinage.

On prend, à cet effet, une verge de fer cylindrique, qu'on introduit, par la forme, dans le bain, d'où on la retire avec rapidité. D'abord la partie de matière qui s'attache au fer paraît

gris noirâtre, cassante et d'un jaune faible intérieurement; ensuite elle devient gris bleuâtre, plus mince, moins cassante et plus jaune; enfin, après peu de temps, elle prend une couleur rouge purpurine, devient très-fine, a une cassure dentelée, et se montre sous forme d'exubérances plus ou moins grandes, qui coulent de tous côtés, et finissent par se réunir en un petit bouton. A cet instant, l'opération est terminée; on recule les soufflets, on enlève les charbons, et on retire le cuivre, en rondelles, au moyen d'aspersions successives.

Lorsqu'on remarque dans le bain, ou à la surface des rondelles, des parties très-colorées, c'est un signe qu'il y a du cuivre qui s'est oxidé. On remédie alors à cet inconvénient en y plongeant un morceau de cuivre brut; car les métaux étrangers contenus dans ce dernier s'emparent de l'oxigène du premier.

Un affinage, dans lequel on passe ordinairement 2 quintaux un quart de résidus cuivreux, dure environ trois quarts d'heure, et donne un quintal et demi de cuivre pur, en trente-six rondelles, et trois quarts de quintal de crasses ou scories.

Dans six affinages, qu'on fait immédiatement les uns après les autres, et où l'on passe 14 quintaux de résidus cuivreux, on obtient 9 et demi à 10 quintaux de cuivre pur et 4 et demi à 5 quintaux de scories. On brûle sept à huit masses de charbon; la durée est de cinq heures à cinq heures et demie.

Deux ouvriers sont occupés à ce travail : un maître, qui reçoit cinq gros et demi, et son aide, qui n'a que cinq gros.

Fusion des scories de liquation et autres.

Fusion des scories, soles, etc.

Dans cette opération, on traite, comme nous l'avons dit plus haut, les scories de rafraîchissage et de liquation, les cendres et litharges de coupellation, ainsi que les scories et écailles de ressuage, toutes matières plus ou moins oxidées qu'il s'agit de réduire.

Le fourneau dont on se sert ici a quatorze pieds de hauteur, deux pieds six pouces de largeur postérieure, un pied six pouces de largeur antérieure, et trois pieds de profondeur; il est construit en grès. Sa sole est faite d'une pierre de grès, inclinée de six pouces, sur laquelle on met une couche de quatre pouces de brasque, formée d'une partie d'argile et trois parties de charbon. La forme est à vingt-deux pouces de la sole, et a un pouce et demi d'inclinaison; le bassin de réception a douze pouces de diamètre et quinze pouces de profondeur : d'un côté, il touche à un plan incliné pour l'écoulement des scories, et, de l'autre, communique à un bassin de percée, qui n'est autre chose qu'une bassine de fer.

Les lits de fusion, qu'on passe à ce fourneau, ont la composition suivante :

	Brouettes.	quintaux.
Scories de rafraîchissage........	4	8
Litharge...................	5	10
Sole de coupelle.............	3	6
Scories de liquation...........	10	20
Scories du ressuage............	2	4
Écailles de ressuage...........	$\frac{1}{2}$	1
Schlich des débris de fourneau.....	1	2
Scories riches des fusions antérieures.	9	18
Cuivre noir pauvre..........	»	1
Total.....		70

Le fourneau étant échauffé, on charge d'abord un foudre (48 quintaux) de scories riches, pour le mettre en train, puis on passe le mélange ci-dessus; on charge le minerai dans les coins de la face de derrière et les charbons sur le devant. Ordinairement une charge se compose de six à huit auges de minerai, à cinq huitièmes de quintal, et une corbeille de charbon (deux pieds cubes un tiers); on donne aux soufflets quatorze aspirations par minute. On fond au nez, qu'on entretient de six à huit pouces de longueur.

La masse fondue se rend par l'œil dans le bassin de réception, où la scorie se porte à la surface et s'écoule sur le plan incliné, tandis que le plomb, uni au cuivre et à l'argent, s'amasse de plus en plus au fond. Aussitôt que ce bassin est plein de métal, on fait la percée.

Un lit de fusion passe en cinq à six heures, et donne 20 quintaux de scories dites *riches*, qui tiennent quarante-deux livres plomb au quintal, et quinze pains plombeux, qu'on liquate sur deux aires de liquation avec six masses de charbons tendres, et d'où on retire 24 quintaux de plomb pauvre à deux à trois lots d'argent au quintal, et 4 quintaux de résidus cuivreux.

De trois rafraîchissages et des opérations qui en sont la suite, il résulte des produits pour quinze lits de fusion de scories, d'où on retire par conséquent deux cent vingt-cinq pains, donnant 360 quintaux de plomb pauvre, qu'on passe au rafraîchissage, et 60 quintaux de cuivre. On brûle, d'ailleurs, avec quinze lits de fusion un foudre trois masses de charbon (quinze masses).

Dans ce travail, on a trois ouvriers, qui sont les

mêmes que ceux chargés du rafraîchissage, et dont la paie est aussi la même.

Les scories riches obtenues sont repassées quatre fois au même fourneau, immédiatement après les lits de fusion, et sans interruption.

Dans la première refonte de ces scories, on fait le mélange suivant :

Scories riches.......	16 brouettes.	32 quintaux.
Scories de crasses.....	6	12
Scories des soles de ressuage..........	2	4
Total.....		48 q^x. ou 1 foudre.

On entretient encore ici un nez de six pouces; mais on ne donne aux soufflets que sept aspirations par minute, parce que la masse est plus réfractaire, et on charge deux corbeilles de charbon (quatre pieds cubes deux tiers) avec huit à neuf auges (deux quintaux un quart) de scories mélangées.

On passe ici deux foudres en vingt-quatre heures, et on obtient quatre pains métalliques de 2 quintaux un quart chacun, à quatre-vingts livres de plomb au quintal, et 80 quintaux de deuxièmes scories, qui tiennent vingt livres de plomb par quintal. Les pains métalliques liquatés, seuls, donnent un plomb pauvre, d'un à deux lots au quintal.

Les deuxièmes scories sont repassées au fourneau, avec addition de fer et de fluate de chaux, dans la proportion de 2 quintaux sur 48 quintaux de scories. L'opération est menée de même que précédemment, à l'exception qu'on diminue un peu les charges en minerai. On obtient de nouveaux pains plombeux, à soixante-dix livres de plomb, qu'on liquate, et de troisièmes scories, qui tiennent, par quintal, environ dix livres de plomb.

Ces troisièmes scories, refondues avec la même addition de fer et de fluate de chaux, donnent des pains plombeux à soixante livres au quintal, et de quatrièmes scories, qui ne tiennent plus que cinq à six livres de plomb.

Enfin ces dernières, étant trop pauvres pour être fondues seules avec avantage, sont mélangées avec poids égal de schistes cuivreux pauvres et une petite quantité de chaux fluatée. Elles donnent une matte de cuivre plombeux, à laquelle on fait subir toutes les opérations que nous avons décrites pour la matte brute, et une scorie pauvre, de deux à quatre livres de plomb au quintal, qui est rejetée.

Fusion des crasses d'affinage du cuivre.

Fusion des crasses d'affinage du cuivre.

Les crasses obtenues à l'affinage du cuivre, contenant encore une partie notable de ce métal, qui lui est mélangé mécaniquement et chimiquement, on doit les soumettre à une fusion au four à manche, pour les réduire.

Le fourneau où on les passe est semblable à celui du rafraîchissage, avec cette différence qu'il est plus profond de quatre pouces. La forme, comme celle de tous les fourneaux à réduction, est de fer fondu ; elle a un pouce d'inclinaison, et repose à dix-sept pouces de la pierre de sole, qui est elle-même inclinée de six pouces, et recouverte d'une couche de brasque épaisse de quatre pouces.

On charge, à ce fourneau, les crasses d'affinage avec des scories de la troisième refonte de l'opération précédente. Ces scories étant employées comme moyen de fusion, on en prend une quantité déterminée par le plus ou moins de fusibilité des crasses ; quand elles sont assez fusibles, on

ajoute des scories venant de la fusion des précédentes crasses d'affinage. On charge toujours les crasses et scories sur le derrière et les charbons sur le devant. On fond au nez; il doit être long de six pouces, et les soufflets doivent faire quatorze aspirations par minute.

On perce toutes les deux heures, et on obtient 1°. des scories, qui contiennent encore une portion considérable de plomb et un peu de cuivre, et que pour cela on passe avec les scories riches; 2°. des masses cuivreuses, mélangées de plomb, nickel, cobalt et fer: celles-ci vont au ressuage, et de là au raffinage; mais comme elles sont très-chargées de nickel, et que ce métal rend le cuivre très-cassant, on n'en affine jamais que de petites parties à-la-fois.

Pour la fusion de 100 quintaux de crasses d'affinage, on emploie soixante-douze heures, on brûle vingt masses de charbon, et on obtient 20 à 24 quintaux de masses cuivreuses, et 70 quintaux environ de scories. La main-d'œuvre s'élève à un écu six gros.

Bocardage et lavage des débris de fourneaux.

Les débris de fourneaux retirés des différentes fusions, contenant une assez grande proportion de métal pur ou oxidé disséminée mécaniquement dans leurs masses, méritent encore d'être traités; mais comme ils contiennent encore une plus grande quantité de terre, qui les rendrait très-réfractaires, et occasionnerait une grande dépense en combustible, il faut préalablement chasser la plus grande partie possible de ces terres: c'est ce qu'on fait par le bocardage et le lavage. Les schlichs qu'ils donnent vont ensuite, sous le nom de résidus de lavage, partie dans la

Bocardage et lavage des débris de fourneaux.

fonte des scories, et partie dans celle des soles de ressuage, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut.

On a, dans l'usine de Hetstädt, pour la préparation des débris de fourneaux, un bocard à deux auges, dont l'une, destinée au bocardage à sec, a quatre pilons, et l'autre, pour le bocardage à l'eau, trois pilons : près de la première auge un crible, et non loin de là un schlem-graben et une table à secousses.

Après avoir séparé, autant que possible, au marteau, les parties métalliques des parties terreuses, on passe les premières au crible, le gros va de là au bocard à sec pour être criblé de nouveau; le fin, qui traverse le crible, est lavé au schlem-graben. Ici, les parties métalliques se séparent des parties terreuses que l'eau entraîne, et les gros grains métalliques des plus petits. Les schlichs amassés dans la cuve du schlem-graben sont alors bons pour la fusion des scories; ceux plus fins, qui se déposent dans les canaux au bas du schlem, sont bocardés à l'eau, et les nouveaux schlichs, qui en résultent, sont lavés chacun aux tables à secousses.

Résultats généraux.

L'usine à liquation de Hetstädt occupe environ soixante-dix ouvriers. On y traite annuellement 8,000 quintaux de cuivre noir à 114 livres, d'où on retire moyennement 8,000 quintaux de cuivre pur à 110 livres, et 8,000 marcs d'argent fin. Les frais annuels s'élèvent à la somme de 51,000 écus; d'ailleurs, l'usine prélevant, sur chaque quintal de cuivre noir livré, neuf lots d'argent pour ses droits de fonte, ses produits sont ordinairement de 4,500 marcs d'argent, qui, à 14 écus le marc (pied courant de Prusse), lui rapportent une somme de 63,000 écus; son bénéfice réel est donc annuellement d'environ 12,000 écus.

TABLEAU

Des principaux résultats d'Hestädt exprimés en mesures prussiennes et françaises.

Nombre d'ouvriers.	Cuivre noir traité.	Cuivre pur obtenu.	Argent pur retiré.	Charbon brûlé.	Valeur.	Fagots consommés.	Valeur.	Bois brûlé.	Valeur.	Plomb brûlé.	Valeur.	Frais de main-d'œuvr.	Total des frais.
70	quint. 8,000	quint. 8,000	marcs. 8,000	foud. 1,250	écus. 14,375	shocs. 9,000	écus. 3,000	cordes. 300	écus. 750	quint. 4,420	écus. 27,625	écus. 5,000	écus. 50,770
70	q. mét. 4,264	q. mét. 4,113	m. 8,000	m. cub. 4,393	fr. 57,500	fagots. 540,000	fr. 12,000	stères. 330	fr. 3,000	q. mét. 2,272	fr. 110,500	fr. 20,000	fr. 203,080

Pour terminer ce qui concerne les mines et usines du pays de Mansfeld, nous donnerons encore, dans le tableau suivant, un exposé succinct des produits et des dépenses calculées d'après les données précédentes ; ce tableau aura l'avantage de montrer d'un seul coup-d'œil le gain que procure le schiste cuivreux, soit au gouvernement, soit aux exploitans.

TABLEAU GÉNÉRAL.

Districts.	Extraction annuell.	Cuivre obtenu.	Valeur du quintal cuiv.	Argent obtenu.	Valeur du marc.	Frais d'extraction.	Frais de fonte.	Frais de liquation.	Frais de $\frac{1}{10}$ au roi.	Total des frais.	Bénéfice par quint. cuivre.
	fond.	quint.				écus.	écus.		écus.	écus.	écus.
Sangerhausen.	1,200	850	35	»	»	20	10	»	2	32	3
	f.	quint.		mar.	écus.			écus.	écus.	écus.	écus.
Mansfeld...	8,800	9,500	35	9,500	14	13 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{1}{2}$	6	2	37	12

TABLEAU GÉNERAL

Exprimé en mesures françaises.

Districts.	Extraction annuell.	Cuivre obtenu.	Valeur du quintal métrique.	Argent obtenu.	Valeur du marc.	Frais d'extraction.	Frais de fonte.	Frais de liquation.	Frais de $\frac{1}{20}$ au roi.	Total des frais.	Bénéfice par qu. métr.
	q. mét.	q. mét.	fr. c.			fr. c.	fr. c.	fr.	fr.	fr. c.	fr. c.
Sanger-hausen.	30,696	453	262 60	»	»	150 10	75 »	»	15	240 10	22 50
	q. m.	q. m.	fr. c.	mar.	fr.	fr. c.	fr. c.	fr.	fr.	fr. c.	fr. c.
Mans-feld....	225,104	5,065	262 60	9,500	56	101 30	116 30	45	15	277 60	90 »

EXAMEN

De quelques produits des usines à cuivre de Mansfeld;

Par M. P. BERTHIER, ingénieur des mines.

Les produits que j'ai examinés font partie de la collection métallurgique que M. Manès a déposée dans le cabinet de l'École des mines. Ils proviennent des opérations dont il a été le témoin et qu'il a décrites dans son Mémoire sur les mines de Mansfeld.

Minerais. Les minerais de Mansfeld sont des schistes argilo-calcaires, très-bitumineux, qui contiennent du cuivre pyriteux, du cuivre sulfuré, et quelques minerais de cobalt argentifères très-disséminés: ils sont noirs, à cassure inégale et grenue; ils font une vive effervescence avec les acides. Lorsqu'on les chauffe en vases clos, ils donnent de l'eau, des huiles bitumineuses et du soufre; par le grillage, ils exhalent une odeur de bitume et d'acide sulfureux, et ils deviennent d'un brun rougeâtre clair. Si on les calcine fortement après les avoir grillés, ils perdent environ le cinquième de leur poids. Leur composition est très-variable; on en jugera par les analyses suivantes, faites sur trois échantillons différens.

On a trouvé dans le minerai cru :

Silice.	0,400
Alumine.	0,107
Chaux	0,108
Magnésie.	0,033
Soufre...	0,021
Cuivre métallique.	0,021

Fer métallique.	0,018
Oxide de fer	0,050
Potasse.	0,020
Eau et bitume.	0,103
Acide carbonique.	0,119
	1,000

ou

Silice.	0,400
Alumine.	0,107
Oxide de fer.	0,050
Carbonate de chaux.	0,195
Carbonate de magnésie . .	0,065
Cuivre pyriteux.	0,060
Potasse.	0,020
Eau et bitume.	0,103
	1,000

Ce minerai fond très-bien au creuset brasqué, sans addition : 16 g. de minerai grillé et calciné, provenant de 20 q. de minerai cru, ayant été traités de cette manière, ont donné :

Grenailles métalliques.	0g,84
Scories.	14, 06
	14, 90

Les grenailles métalliques étaient formées d'une matte cuivreuse et ferreuse magnétique ; la scorie était compacte, sans bulles, vitreuse, noirâtre, translucide et très-tenace ; elle devait être composée à-peu-près comme il suit :

Silice.	0,590
Alumine.	0,150
Chaux	0,150
Magnésie.	0,045
Oxide de fer.	0,040
Potasse.	0,025

On a essayé de rechercher, par la voie sèche, l'argent que contient le minerai. Pour cela, on l'a scorifié avec 4 parties de plomb et un quart de partie de borax vitrifié : l'opération a très-bien réussi ; mais on a trouvé que la quantité d'argent était trop petite pour pouvoir être appréciée.

Deux minerais, grillés en grand, ont été trouvés composés de

	N°. 1.	N°. 2.
Silice	0,506	0,438
Alumine. Magnésie.	0,234	0,172
Chaux	0,078	0,180
Oxide de cuivre	0,028	0,025
Oxide de fer	0,090	0,072
Soufre	0,040	0,024
Perte par calcination	0,008	0,060
	0,984	0,971

La présence du soufre prouve que le fer et le cuivre sont, pour la plus grande partie, à l'état de sulfures dans les minerais grillés, et que le grillage n'a par conséquent pour effet que d'expulser le bitume et une partie de l'acide carbonique. D'après cela, j'ai peine à concevoir l'utilité de cette opération ; on prétend cependant qu'elle est nécessaire pour que le minerai puisse fondre au fourneau à manche.

Les minerais grillés sont passés au fourneau à manche avec addition de fluate de chaux, dans la proportion du septième au seizième de leur poids : il en résulte des scories, des mattes et des *loups* ferreux.

Scories. Les scories sont vitreuses, translucides, d'un vert foncé presque noir et quelquefois nuancé de bleu : elles contiennent,

Silice	0,498
Alumine	0,122
Chaux	0,192
Magnésie	0,024
Protoxide de fer	0,132
Acide florrique	0,012
Perte et alcali	0,020
	1,000

Lorsque l'on chauffe du fluate de chaux avec des silicates terreux, il se produit deux effets : 1°. une portion du fluate se combine avec les silicates et peut déterminer leur fusion; 2°. une autre portion se décompose en réagissant sur les silicates; il se dégage du gaz fluosilicique, et la chaux qui provient de la portion décomposée reste avec les autres substances, dont elle augmente la fusibilité. Le fluate de chaux est donc un fondant très-énergique, qu'on peut employer avec grand avantage, sur-tout pour traiter des matières dans lesquelles la silice se trouve en excès. L'usage qu'on en fait pour fondre les minerais de Mansfeld est bon sans doute; mais comme ces minerais ne renferment pas une très-grande proportion de silice, je crois qu'on pourrait se dispenser d'y ajouter du fluate de chaux, en remplaçant cette substance par une quantité équivalente de *castine* ordinaire.

Première matte. Les mattes qui proviennent de la fusion du minerai sont compactes et d'un noir brunâtre; elles contiennent,

Cuivre	0,586	ou sulfure de cuiv.	0,77
Fer	0,132	sulfure de fer	0,21
Soufre	0,232		
Sable	0,006		
	0,956		0,98

La perte, dans l'analyse, porte principalement sur le cuivre ; ce métal est tout entier à l'état de sulfure dans la matte.

Loups. Les loups qui se forment dans les fourneaux de Mansfeld ressemblent à de la fonte : on y a trouvé,

Fer.	0,894
Cobalt.	0,078
Cuivre.	0,020
Soufre.	0,018
	1,010

Tout le cobalt que renferment les minerais s'accumule dans cette substance, puisqu'on n'en trouve ni dans les scories ni dans les mattes.

Mattes grillées. Lorsque les mattes éprouvent une désulfuration complète par le grillage, ce qui est rare, elles se transforment en masses lamelleuses, d'un rouge foncé, très-magnétiques, composées de

Protoxide de cuivre.	0,720
Deutoxide de fer.	0,138
Matières terreuses.	0,138
	0,996

Les mattes grillées sont fondues au fourneau à manche, et produisent des scories, de nouvelles mattes et du cuivre noir.

Scories du traitement des mattes grillées. Ces scories sont compactes, pesantes, noires et magnétiques ; elles ressemblent à des scories de forges, elles contiennent,

Silice	0,336
Alumine	0,056
Chaux	0,050
Protoxide de cuivre	0,030
Protoxide de fer	0,515
	0,987

Mattes minces. Les mattes qui surnagent le bain de cuivre noir sont en plaques minces, d'un noir métalloïde, à cassure cristalline, et mêlées d'une multitude de très-petits grains de cuivre rouge; on y a trouvé :

Cuivre	0,598	ou	sulfure de cuivre	0,650
Fer	0,158		sulfure de fer	0,252
Soufre	0,226		cuivre libre	0,080
	0,982			0,982

Cuivre noir. Ce cuivre est d'un rouge terne; il agit très-sensiblement sur le barreau aimanté. On l'a soumis à la coupellation avec 15 fois son poids de plomb, et il a laissé un bouton d'argent très-pur; il contient :

Fer	0,0350
Soufre	0,0056
Argent	0,0049
Cuivre	0,9545
	1,0000

On n'y a pas trouvé la moindre trace de cobalt ni de nickel.

MÉTHODE D'AMALGAMATION

Appliquée aux mattes de cuivre, à l'usine de Grosörner (1);

PAR M. MANÈS, aspirant ingénieur au corps royal des mines.

LA consommation considérable et inévitable en charbon et en plomb, qui avait lieu dans les procédés par la voie sèche, usités pour séparer l'argent des autres métaux auxquels il se trouve ordinairement uni, fit chercher à employer la voie humide pour effectuer cette séparation. Ce fut à Freyberg, en Saxe, qu'on commença d'employer l'amalgamation, et les minerais argentifères des mines de ce district se laissèrent facilement traiter par cette méthode, parce que le bocardage et le lavage ne peuvent leur enlever la plus grande partie des terres qu'ils retiennent, que leur teneur en métal est assez considérable; enfin que la plus grande partie de ces métaux ne sont pas sulfurés.

On pensa, depuis, à appliquer ce procédé au schiste marneux et bitumineux, ou schiste cuivreux de Mansfeld, et on chercha les moyens d'opérer la séparation la plus complète possible du cuivre et de l'argent, sans faire de dépenses

(1) L'usine de Grosörner n'étant point en activité lors de mon séjour en Allemagne, je n'ai pu prendre connaissance, par moi-même, des opérations qu'on y exécutait; j'ai traduit la description que j'en donne ici, d'un petit ouvrage intitulé *Baitrage zur Metallurgie, von Johann August. Müller*. Breslau, 1820.

considérables en combustible et sans brûler de plomb.

Le schiste cuivreux ne tenant, au quintal, que deux livres et demie à trois livres de cuivre et un demi-lot d'argent, il était facile de voir qu'il ne pouvait être amalgamé à cet état. D'un autre côté, sa concentration par le bocardage et le lavage, quoique possible, était très-difficile et toujours peu complète.

On aurait pu séparer l'argent du cuivre noir, si on n'eût pas dû opérer sur des milliers de quintaux, en réduisant d'abord le cuivre en vitriol et en amalgamant ces cendres vitrioliques.

Enfin, l'ancien maître d'usine de Hetstädt, M. Schwarz, trouva, après un grand nombre d'essais, que la matte de cuivre obtenue de la fusion du schiste, et non encore grillée, était le produit le plus propre à soumettre à l'amalgamation; et que cette opération pouvait se conduire ainsi :

D'abord on cherche, par un grillage préliminaire en plein air, à attendrir la matte argentifère et à la préparer aux cassages suivans. Par là on volatilise une partie du soufre et l'on acidifie une autre partie, tandis que tous les métaux, excepté l'argent, sont oxidés.

On divise ensuite la matte grillée par le bocardage et la mouture, et on la rend assez fine pour être pénétrée des masses, qu'on emploie dans les opérations subséquentes.

On grille, au four à réverbère, la matte moulue en parties très-fines, pour chasser le plus possible de soufre, et acidifier les métaux oxidés et l'argent, en les unissant au soufre non dégagé.

Ensuite, dans le but de décomposer ces sels,

de séparer le soufre des métaux, et de faire passer l'argent à l'état d'argent muriaté, seule combinaison dans laquelle il se laisse amalgamer, on fait un mélange de matte de cuivre, de soude muriatée et de chaux carbonatée, qu'on arrose d'eau et que l'on amène à la consistance de bouillie. Dans cette opération, il se fait un dégagement de chaleur, et une effervescence, produite par dégagement de gaz acide carbonique. Une partie de l'acide sulfurique s'unit à la chaux, une autre à la soude, tandis qu'une partie de l'acide muriatique s'unit à l'argent.

Cette masse étant endurcie, on la sèche, on la bocarde, on la crible et on la moud de nouveau.

Pour augmenter la pénétration des masses et l'intensité des affinités, on grille de nouveau ces masses au four à réverbère. La décomposition de la matte de cuivre devient complète, l'union de l'acide muriatique à l'argent plus intime, celle de l'acide sulfurique à la soude plus parfaite, et on obtient de ce grillage, 1°. de l'argent muriaté; 2°. des oxides de cuivre, fer, nickel et cobalt; 3°. des sulfates de soude et de chaux.

La séparation de l'argent, dans la matte, se fait alors facilement, en l'amalgamant avec du mercure dans des tonneaux horizontaux. On ajoute du cuivre métallique, qui s'unit à l'acide muriatique; le mercure s'empare de l'argent, et il reste les oxides et sulfates.

Le mercure argentifère est retiré des tonneaux et mis dans des poches de coutil; le mercure en excès à l'amalgame passe par les trous du coutil, et l'amalgame reste.

On sépare alors l'argent du mercure contenu dans l'amalgame, par la distillation. Le mercure

se volatilise et se condense dans l'eau ; l'argent, au contraire, demeure sur les plateaux.

Cet argent est ensuite fondu dans un creuset, et affiné avec une petite addition de plomb.

Les masses restées dans les tonneaux d'amalgamation sont versées dans une cuve de lavage, et là, pour obtenir la petite partie de mercure qu'elles retiennent, on les agite constamment au moyen d'un râteau, auquel on donne un mouvement de rotation ; le mercure alors se précipite en raison de sa plus grande pesanteur, et les métaux oxidés, restant dans la liqueur, sont écoulés dans un réservoir, où on les assèche; on les tire alors, on les pétrit avec de l'argile, on les met en forme, on les sèche et les passe au haut-fourneau. Dans cette fusion, la chaux sulfatée est réduite à l'état de sulfure de chaux par le charbon. Une partie de ce sulfure alcalin est décomposée par le fer réduit des masses, par celui des scories et par le fer métallique ajouté ; enfin le cuivre oxidé est réduit en partie par les charbons, et une partie est sulfurée : d'où il suit qu'on retire un cuivre noir et une matte mince ; enfin ce cuivre noir est raffiné.

L'ensemble des opérations qu'embrasse cette méthode d'amalgamation est donc le suivant :

I.

1°. Le grillage de la matte de cuivre dans des tases.
2°. Le bocardage et criblage de la matte grillée.
3°. La mouture de la matte bocardée et criblée.
4°. Le grillage, au four à réverbère, de la matte moulue.
5°. Le mélange de la matte grillée.
6°. Le séchage de la matte mélangée.
7°. Le bocardage de la matte mélangée et séchée.
8°. La mouture de cette même matte.
9°. Le grillage au four à réverbère.

II.

10°. L'amalgamation proprement dite.

III.

11°. La séparation mécanique de l'amalgame d'avec le mercure en excès.
12°. La séparation chimique du mercure de l'argent dans l'amalgame.
13°. La fusion de l'argent obtenu de l'opération précédente.
14°. L'affinage de l'argent fondu.

IV.

15°. Le lavage, à la cuve, des matières restant dans les tonneaux.
16°. Le retirage, pétrissage et moulage de ces matières.
17°. La fusion, au haut-fourneau, pour cuivre noir.
18°. La refonte des scories.
19°. L'affinage du cuivre noir.

L'usine où tous ces travaux s'exécutent est celle dite *Gottes-Belohnungs hütte*, située près Grosörner. Elle fut bâtie sur le plan donné par M. Schwarz, et consiste en deux bâtimens principaux, qui sont joints par une allée couverte.

Dans l'un de ces bâtimens, on trouve d'abord une chambre pour deux moulins et un cabinet de travail pour le moulinier;

Dans une deuxième division, l'appareil proprement dit d'amalgamation; savoir, d'un côté, un bocard lié à une machine à pétrir, et de l'autre, deux tonneaux à amalgamer et la cuve de lavage. Près des tonneaux, est la chambre de mercure; près la cuve se trouve le réservoir pour les matières lavées; devant ce dernier, le fourneau à distiller, et au-dessus la chambre pour les lits de fusion;

Dans une troisième division de ce premier bâtiment est le fourneau à cuivre noir, dans lequel, pour l'affinage, on introduit une aire à cet effet.

Sur ces trois divisions se trouve un étage très-spacieux, qui y communique par deux escaliers, et qui est au niveau du sol, derrière l'usine. Sur le sol, au-dessus de la première et deuxième division, se trouvent, d'un côté, le cabinet à écrire des officiers et la chambre des matériaux; de l'autre côté, la chambre du sel et celle de la farine provenant de la matte moulue. Sur le sol, au-dessus de la troisième division, est l'emplacement pour les mélanges de matte.

Le second bâtiment principal, communiquant, comme nous l'àvons dit, par une allée couverte avec la troisième division du premier bâtiment, se compose, au rez-de-chaussée, de deux divisions, l'une pour les charbons, et l'autre pour les grillages, dans laquelle sont deux fourneaux à réverbère; et au premier étage, de deux chambres de séchage, qui reçoivent leur chaleur des fourneaux à reverbère au moyen de canaux couverts de plaques de fer. Il y a d'ailleurs entre ces deux étages une ouverture carrée, par laquelle on monte au treuil la matte mélangée, pour la faire sécher.

Dans cette usine, une roue à chute supérieure fait mouvoir deux meules, un bocard, une machine à pétrir, une table de lavage, deux tonneaux à amalgamer et deux soufflets; ce qui fait un poids de 70 quintaux trois quarts.

Il serait mieux, sans doute, d'avoir deux roues; mais l'eau manque pour cela, et c'est une des principales raisons pour lesquelles on ne saurait

amalgamer, annuellement, à cette usine plus de 1000 quintaux de matte, car les machines et les fourneaux ne peuvent aller bien simultanément.

Nous passons maintenant au détail des diverses opérations que nous avons énoncées ci-dessus.

1°. *Du rôtissage de la matte de cuivre.*

La matte de cuivre venant de la fusion des schistes est cassée en morceaux de trois pouces cubes environ, et posée ensuite en tas pyramidal sur un lit de bois, dans un espace enfermé de trois murailles. On fait entrer ordinairement 60 quintaux de matte dans un tas, et on a soin de mettre dans le bas les morceaux les plus gros; on met ensuite le feu au bois, et la matte continue de brûler par le soufre qu'elle contient.

Le premier feu ayant cessé, et la masse étant refroidie, on la retire de la case de grillage, et on casse, de nouveau, chaque morceau, pour exposer au feu et à l'air de nouvelles surfaces. On dispose de nouveau cette matte grillée sur un lit de bois, et on donne le second feu, qu'on fait suivre d'un troisième, après avoir pris les mêmes précautions.

Pour disposer un grillage, on a trois jeunes gens, qui font ce travail dans un poste de douze heures.

Le grillage de 60 quintaux de matte dure, ordinairement, sept jours par feux. Quant à la consommation en bois, elle varie beaucoup, en raison de l'union du soufre avec les métaux contenus dans la matte, et aussi en raison de la quantité de métaux étrangers au cuivre. On peut admettre qu'elle s'élève ordinairement à deux cent quarante fagots par 3 quintaux de matte,

dans ce rôtissage et les deux grillages au four à réverbère.

2°. *Bocardage et criblage de la matte grillée.*

Le bocardage s'exécute, à sec, dans une auge à quatre pilons, mus par un arbre à trois levées. On donne la matte par une caisse, et on fait faire aux pilons trente-six levées par minute. La matière qui sort de l'auge passe sur un crible dont les trous ont un trente-deuxième de pouce carré, et ce qui reste sur ce crible est repassé au bocard. On humecte un peu la matte bocardée fin, pour qu'elle ne se perde pas en poussière. Un gamin est chargé de ce travail et du roulage de la matte, des cases de grillage au bocard. En douze heures, il prépare ordinairement 9 quintaux de matte grillée.

3°. *Mouture de la matte bocardée et grillée.*

Cette opération a lieu dans des moulins semblables à ceux à blé; on en a deux ici. Les meules sont faites de grès à gros grains du Kiffhaüser: les plus dures sont employées pour la mouture de la matte à gros grains, et les moins dures pour celle à petits grains. Les bluteaux par lesquels la farine passe sont de toile ordinaire: ils ne doivent pas être trop tendus, autrement ils ont trop d'élasticité et passent moins de farine. La farine qui passe à travers la toile doit se faire sentir sous le doigt comme celle d'un bon grain: ce qui reste sur le bluteau doit être rechargé encore deux fois: on doit sur-tout voir à ce que la boîte soit bien solide.

Lorsqu'on donne toute l'eau, le coureur fait

quatre-vingt-seize tours par minute, et on moud seulement 6 quintaux en douze heures, vu le grand nombre de réparations qu'on a toujours à faire.

Les meuniers reçoivent neuf gros par poste de douze heures: il est vrai que leur travail est malsain, et que s'ils ont soin, comme ils le doivent, de tenir les portes et fenêtres fermées, pour ne rien perdre, ils sont forcés d'avoir la bouche et le nez couvert d'un linge.

4°. *Grillage de la matte moulue.*

Ce grillage s'exécute dans des fourneaux à réverbère analogues à ceux de Freyberg : seulement ceux-ci n'ont point de soles de séchage, et les matières à griller se chargent à l'aide de pelles, et non point par des ouvertures rondes d'où on les fait tomber.

Chaque poste de grillage se compose de 3 quintaux de matte moulue, qu'on amène du moulin dans un chariot de fer à deux roues. On commence par chauffer le fourneau, et lorsque la température est telle qu'une matière combustible, mise sur la sole, s'enflamme sur-le-champ, on charge en minerai.

Le procédé du grillage se divise en trois époques : 1°. celle de l'incandescence de la masse, 2°. celle de l'oxidation, et 3°. celle de la désulfuration ; dans la première, on augmente le feu par degrés, dans la seconde on l'arrête, et dans la troisième on le mène de nouveau vivement, et on le laisse à la fin tomber peu-à-peu.

Incandescence des masses.—On étend la matte, à griller, sur toute la sole du fourneau, et on l'agite continuellement avec un râble, pour ex-

une fois autant de matière que dans le premier bocardage de la matte grillée à l'air ; seulement on doit prendre attention qu'il ne s'en perde point en poussière, et donner pour cela moins de vitesse aux pilons.

8°. *Mouture de la matte mélangée.*

Cette mouture se distingue de celle de la matte non mélangée, seulement en ce qu'il ne se produit ici aucun rebut sur le bluteau, et en ce que par suite le travail va beaucoup plus vite.

9°. *Grillage de la matte mélangée.*

Ce grillage s'opère dans un fourneau à réverbère particulier, semblable à celui plus haut. Ce fourneau étant échauffé, on y introduit la matière, qu'on étend sur toute la sole et qu'on agite continuellement avec le râble. On chauffe sans interruption ; on donne d'abord peu de feu jusqu'à ce que toute l'humidité, retenue dans la masse, se soit dégagée : alors on l'augmente de manière que la flamme s'étende sur toute la sole. Après trois quarts d'heure, la partie le plus près du foyer étant rouge, on l'amène sur le devant, et on fait passer celle du devant sur le derrière pour la rougir aussi ; on mène ensuite le feu vivement, et à cette époque, se fait la décomposition du sel marin par l'acide sulfurique ; une partie de l'acide muriatique s'unit à l'argent et au cuivre, au fer, au nickel et au cobalt, tandis que l'autre partie se dégage en assez grande abondance sous forme de vapeurs épaisses, qui attaquent singulièrement les ouvriers. Lorsque ces vapeurs cessent, on prend une petite partie de matière, et on juge, par son odeur, du degré de grillage. Dans le

même temps, pour juger si le mélange a été fait en proportion convenable, on en prend une petite quantité, qu'on met dans une tasse à café, et sur laquelle on verse du mercure ; on agite cette masse avec une verge de cuivre, et lorsqu'on voit que le mercure s'unit promptement à la masse, qu'il fait corps avec elle, et est brillant de miroir dans sa partie supérieure, on juge que le mélange est bien fait.

La matière soumise au grillage ne laissant plus dégager aucune odeur d'acide muriatique, on la sort du fourneau, où elle a beaucoup augmenté en volume ; on grille ainsi 3 quintaux de matte en deux heures.

10°. *Amalgamation proprement dite.*

Cette opération se fait dans deux tonneaux horizontaux, qui tournent autour de leur axe et sont disposés comme à Freyberg. Elle comprend quatre divisions : 1°. le remplissage des tonneaux; 2°. l'union du mercure à l'argent; 3°. le délayage de la masse; 4°. l'écoulement de l'amalgame et des résidus.

1°. *Remplissage des tonneaux.* — On commence par introduire dans les tonneaux 2 et demi à 3 quintaux d'eau ; puis on y fait rendre, par un tuyau, 10 quintaux de matte moulus et grillés ; on ajoute encore environ un quart de quintal de cuivre métallique en morceaux, pour s'emparer de l'acide muriatique uni à l'argent ; puis on bouche le tonneau, et on lui fait faire huit tours par minute pendant environ deux heures, jusqu'à ce que la masse soit amenée à la consistance de bouillie. On reconnaît ce

point lorsqu'en plongeant, dans la masse, un morceau de bois poli, et le tenant obliquement à sa sortie, la matière qui s'y était attachée en découle lentement d'elle-même. Ce point de liquidité de la masse est très-important à observer; car, trop épaisse ou trop liquide, le mercure ne pourrait agir sur toutes les parties de la matte également. Dans le premier cas, il faut ajouter un peu d'eau, ou détruire avec des instrumens les agrégats qui se sont formés; dans le second cas, ajouter un peu de matières nouvelles.

Aussitôt que la masse a acquis la consistance convenable, on introduit le mercure par un entonnoir de bois; la quantité qu'on emploie doit être, au moins, égale à dix fois la proportion d'argent contenue dans la masse; on en emploie cependant toujours une plus grande quantité, afin de rendre l'opération plus prompte et plus compléte : on met ordinairement 2 à 2 quintaux et demi.

2°. *Union du mercure à l'argent.* — Cette combinaison est fondée sur la grande affinité du mercure pour l'argent; elle exige de dix-huit à vingt heures, pendant lesquelles on laisse les tonneaux faire vingt tours par minute. Durant cette époque, le cuivre métallique ajouté s'empare de tout l'acide muriatique uni aux autres métaux ; ce qui n'aurait lieu qu'en partie si on ajoutait du fer, comme à Freyberg, attendu que les résidus cuivreux retiendraient toujours un peu de cet acide. Alors l'argent devenu libre s'unit au mercure; ce que facilite d'ailleurs la température, qui, d'après les observations, s'é-

lève à 32° de Réaumur, dès que les tonneaux ont été de sept à neuf heures en mouvement.

Après seize heures du commencement, on arrête les tonneaux et on prend un peu de matière, qu'on purifie de mercure autant que possible, puis qu'on sèche et essaie pour argent. La matière restante ne doit pas tenir plus de cinq huitièmes de lot d'argent par quintal, et quelquefois elle en tient moins.

3°. *Délayage de la masse.* — Les matières étant convenablement amalgamées, on remplit les tonneaux d'eau, et on les fait tourner aussi lentement que dans le commencement, environ pendant une heure, pour rassembler les parties d'amalgame en une masse qui se réunit au fond. Alors, on procède au

4°. *Découlement des produits.* — On arrête à cet effet les tonneaux, on tourne les bondes en dessous, et on y adapte un tuyau de cuir, qui communique à un tube de métal, par lequel l'amalgame, en raison de sa pesanteur, se rend en premier dans un réservoir. Aussitôt que les résidus commencent à se montrer, on ferme la bonde, on retourne le tonneau, puis on fait écouler ces résidus dans un canal, qui les conduit à la cuve de lavage. Dans un temps de vingt-quatre heures, on amalgame ainsi 20 quintaux de matte.

11°. *Séparation mécanique de l'amalgame d'avec le mercure en excès.*

Le tuyau métallique par lequel on reçoit le mercure argentifère des tonneaux communique à un sac à filtrer, fait de toile de coutil et entouré, à son bord supérieur, d'un anneau de fer qui le

fixe à un piédestal de bois placé sur une cuve en pierre. Le mercure argentifère, qui se rend sur ce filtre, se débarrasse du mercure en excès à l'amalgame, qui passe à travers la toile; tandis que l'amalgame reste dans le sac, où on le presse et d'où on le retire sous la forme ronde. Il est d'autant plus important de séparer de l'amalgame ce mercure en excès, que c'est principalement dans le traitement ultérieur de cet amalgame qu'a lieu la plus grande perte en mercure.

12°. *Séparation chimique du mercure de l'argent dans l'amalgame.*

Cette opération consiste en une distillation qui s'exécute sous un cylindre de fer, fermé à sa partie supérieure, et reposant, par sa partie inférieure, dans une caisse d'eau qui se renouvelle constamment; l'appareil, semblable à celui de Freyberg, décrit dans l'ouvrage de M. de Villefosse, n'a pas besoin d'ailleurs d'être rappelé ici.

On chauffe au charbon de bois : on donne d'abord un feu modéré, qu'on augmente peu-à-peu pour ne pas faire fendre le cylindre; le mercure se volatilise et se condense dans l'eau qui baigne le pied du cylindre, tandis que l'argent, uni en partie à du cuivre, du nickel, du fer et du cobalt, demeure sur les assiettes sous la forme dendritique et avec une couleur blanc d'argent. Aussitôt que la distillation est achevée, ce que l'on reconnaît par le temps, les vapeurs et le goût de l'eau, on laisse tout refroidir; on enlève l'argent de dessus les assiettes et le mercure de la caisse du fond, et on pèse ces produits, pour voir la perte.

Un ouvrier conduit cette opération, dans laquelle il distille 100 marcs d'argent en six heures de temps, et brûle 18 pieds cubes et demi de charbon.

13°. *Fusion de l'argent de la distillation.*

L'argent, retiré de la distillation précédente, est mis dans de grands creusets de Hesse, qu'on recouvre et pose autour de charbons noirs et incandescens, sous la buse d'un soufflet. Lorsque le creuset commence à rougir, on donne le vent; aussitôt que l'argent est fondu, on en ajoute d'autre, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le creuset soit plein : alors on le verse dans des bassines de fer échauffées, où l'on reçoit des rondelles d'argent, d'environ un demi pouce d'épaisseur, que l'on refroidit, nettoie et pèse exactement.

Dans cette fusion, une partie d'amalgame, restée dans l'argent, se volatilise, une autre petite portion demeure unie à l'argent et aux autres métaux; une partie de ces métaux, comme fer, nickel et cuivre, se dégage aussi, et l'autre partie s'oxide et se scorifie.

Dans l'espace d'une heure et demie, on fond 100 marcs d'argent, et on brûle 1 pied cube et demi de charbon.

14°. *Affinage de l'argent.*

L'argent fondu, obtenu, est affiné, devant les soufflets, dans un têt rond fait de cendre d'os, d'une manière analogue à celle qui est suivie à l'usine de Hetstädt; la seule différence qui se trouve ici consiste en ce que l'on doit ajouter

plus de plomb, vu que l'argent, étant plus pur, n'a pas besoin d'être exposé aussi long-temps au vent des soufflets.

L'argent pur qu'on doit retirer de cette opération est, du reste, d'une plus belle apparence que celui de la coupellation, et doit surpasser la teneur de 15 lots, 3 quintaux par marc.

En deux heures et demie, on affine à Grosörner cent marcs d'argent avec deux livres de plomb, et on brûle trois pieds cubes de charbon.

15°. *Lavage à la cuve des résidus de tonneaux.*

La cuve dans laquelle on lave les résidus des tonneaux est assez grande pour contenir ceux des deux fourneaux; elle est percée, sur sa hauteur, de trous de six en six pouces, pour faire dégager les matières privées de mercure, et a son diamètre inférieur de vingt pouces plus petit que celui supérieur. Dans l'intérieur de cette cuve, est une herse à barres de fer, qui reçoit son mouvement de rotation de la roue de bocard.

On doit d'abord, dans cette opération, ajouter de l'eau aux résidus bourbeux, de manière à leur donner un état de liquidité convenable: car, trop solides, l'amalgame ne saurait s'en séparer; trop liquides, l'amalgame et les autres matières se déposeraient confusément. Lors d'une liquidité propre et d'une vitesse de la herse de quinze tours par minute, on peut laver en dix heures 20 quintaux de résidus.

Par l'agitation de la masse, les parties d'amalgame se rapprochent successivement les unes des autres, et forment de petites masses qui se précipitent au fond de la cuve; cette séparation

ne se fait au reste que par degrés. Après une heure de lavage, on essaie au premier robinet: si les matières qui en sortent, lavées dans une tasse à café, ne contiennent plus d'amalgame, on laisse écouler par ce robinet toutes les matières supérieures de la cuve dans un réservoir, et on continue de la sorte à l'égard des autres robinets.

Les plus grandes difficultés de ce travail proviennent des parties écumeuses, gris noirâtre, d'amalgame acidifié, qui se forment lorsqu'on n'emploie pas assez de cuivre. On y remédie alors en réduisant ces parties par le fer; mais on ne peut jamais ainsi revivifier tout l'amalgame.

Les résidus qu'on reçoit de la cuve consistent en matte de cuivre sans argent, en plus ou moins de métaux muriatés, en chaux et soude sulfatées.

Le mercure qui s'est amassé au fond de la cuve en est retiré et passé sur le filtre de coutil, où l'on sépare une petite partie d'amalgame.

16°. *Pétrissage des résidus de tonneaux.*

Les résidus de la cuve, qui ont été réunis dans un réservoir, en sont retirés lorsqu'on a fait écouler toute l'eau qu'ils contenaient; ensuite on les pétrit avec de l'argile, pour en former une masse consistante, propre à être fondue.

Ce pétrissage s'exécute sous une machine à trois pilons, dont les extrémités portent un couteau de fer; on joint vingt à vingt-cinq pour cent d'argile à 100 quintaux de résidus, et on passe ce mélange par parties. Les masses sont alors divisées et unies intimement; puis on leur donne,

à la main, la forme de boules de différente dimension.

Dans les jours d'été, lorsque le temps le permet, on sèche ces boules à l'air; d'autres fois, on les met dans les chambres de séchage, lorsque celles-ci sont vides; le plus souvent, on les passe au four à réverbère, auquel on fait, dans ce cas, un feu modéré. Lorsque ces boules sont sèches, on les élève, au moyen du treuil, à l'étage supérieur, et on les roule, près du fourneau, sur la place de mélange.

17°. *Fusion des résidus cuivreux.*

Cette opération, qui a pour but de concentrer la teneur en cuivre, par la scorification des matières étrangères, s'exécute dans un fourneau à manche, de seize pieds de haut, et d'une construction analogue à celle de Mansfeld, à cette différence près qu'il est un peu plus large, pour pouvoir y introduire une aire d'affinage. Sa sole, faite de grès, a quelques degrés d'inclinaison; on donne à la rigole qui conduit aux bassins creusés dans une brasque légère le moins de longueur possible, pour éviter tout refroidissement subit des masses en fusion.

On passe, à ce fourneau, des lits de fusion composés des résidus cuivreux, de scories des fondages précédens et de chaux fluatée. On ne peut d'ailleurs indiquer les proportions dans lesquelles on fait entrer ces différentes substances, parce qu'elles varient avec un grand nombre de circonstances.

On chauffe le fourneau, la rigole et les bassins pendant environ douze heures: alors on remplit

la cuve de charbon, et on charge d'abord en scories. On passe une auge de scories et une mesure de charbon (deux pieds cubes un tiers) ; on passe ainsi trois charges de scories pour former le nez, ce qu'on facilite en chargeant les scories sur le derrière et les charbons sur le devant : alors on charge en résidus, et on donne le vent. On passe alors trois mesures de résidus, que l'on recouvre de trois mesures de charbon, avec un peu de scories mélangées de fluate de chaux et aussi d'un peu de fer.

Lorsque le fourneau est plein, on recouvre toujours la dernière charge d'une mesure de résidus, qui sert pour la charge suivante, et forme une couche qui empêche le dégagement des poudres fines.

On donne aux soufflets une vitesse de cinq aspirations et demie par minute. Après une demi-heure, la première charge de scories passe devant la forme, une partie s'attache à la forme, et l'autre passe par l'œil ; ensuite d'autres scories paraissent avec les métaux réduits, et se rendent dans les bassins, où elles surnagent le bain métallique et sont enlevées.

Dès que les charges sont descendues de quatre à cinq pieds dans la cuve, on en passe d'autres ; on augmente ces charges en minerai avec la température du fourneau ; les plus fortes se composent de trois mesures de résidus sur une mesure de charbon. On entretient toujours le nez à six pouces de longueur.

Lorsque le bassin de réception est plein, on fait la percée, et on retire du second bassin des scories une matte mince, peu abondante, et du

cuivre noir. La bonté de la matte se reconnaît à sa cassure; plus elle est compacte, moins elle est jaune, et plus sa teneur en cuivre est grande. Cette matte est grillée et passée au fourneau, lorsqu'on en a une quantité suffisante.

On retire ici moins de cuivre noir, mais plus de scories que dans la fusion des schistes, telle qu'elle se fait à Mansfeld. Cette abondance de scories tient, au reste, à l'argile pétrie avec les résidus; comme elles retiennent encore du cuivre, on les repasse une fois au fourneau, avec addition de chaux fluatée. Quant à la plus petite quantité de cuivre produite, peut-être tient-elle à la présence de l'acide muriatique et du sulfure de chaux dans les résidus. On retire ici neuf quintaux de cuivre noir en douze heures de temps, et on brûle six pieds cubes de charbon par quintal de cuivre noir produit.

18°. *Affinage du cuivre noir.*

Lorsque la fusion des résidus est terminée, ainsi que la refonte des scories, on enlève la paroi antérieure du fourneau, sur une hauteur de huit pieds, et on dispose, avec des briques, une aire d'affinage, qu'on recouvre de brasque faite de cinq parties d'argile et deux parties de charbon. Immédiatement sous la forme, on creuse, dans cette brasque, un bassin de dix-huit pouces de largeur supérieure, huit pouces de largeur inférieure et dix pouces de profondeur. On enlève d'ailleurs la forme de fer, qu'on remplace par une de cuivre, à laquelle on donne dix-sept degrés et demi de pente.

L'affinage du cuivre noir venant de l'amalga-

mation est plus difficile que celui du cuivre noir qui provient de la méthode de liquation. Dans ce dernier, c'est principalement le plomb qui le mélange, et la grande affinité de ce métal pour l'oxigène le fait se scorifier facilement et entraîner les autres métaux avec lui. Le cuivre noir d'amalgame, au contraire, est très-chargé de nickel, dont l'affinité pour le cuivre est très-grande et celle pour l'oxigène très-faible : de là les différences qu'on doit apporter dans l'affinage de ce cuivre noir; elles sont au nombre de trois.

1°. On doit employer une aire d'affinage moins profonde et plus aplatie; car alors le vent des soufflets peut pénétrer mieux toute la masse, et c'est ce qui doit avoir lieu pour des métaux difficilement oxidables.

2°. Donner moins de charbon. La raison en est qu'on doit principalement produire oxidation et scorification, et que cela ne peut avoir lieu qu'autant qu'avec un bon courant d'air on emploie peu de combustible.

Dans l'affinage du cuivre noir de liquation, c'est tout autre chose; car ici la plus grande partie du plomb qu'il contient se volatilise, tandis qu'une autre petite partie s'unit aux autres métaux oxidés et passe dans les scories.

3°. Enfin donner moins de vent; autrement, donnant moins de combustible, le cuivre serait refroidi.

L'aire d'affinage étant préparée, on la chauffe avec des charbons enflammés; puis on y charge trois quarts de quintal de cuivre noir, qu'on met à neuf pouces de la forme, entourés et recouverts de charbons noirs : alors on donne le vent, et on

fait faire aux soufflets quatre et demie à cinq aspirations par minute.

On recouvre d'abord le cuivre noir de peu de charbon ; il s'échauffe successivement, les métaux qui lui sont unis et une partie de lui-même s'oxident : alors il commence à fondre. On enlève les scories au fur et à mesure, et quand la masse est toute fondue, on bouche la forme pour nettoyer le bain ; puis on donne de nouveau charbon, et on redonne le vent. Si le bassin n'est pas plein, on charge aussi de nouveau cuivre noir.

Lorsque les dernières scories ont été enlevées, on essaie le bain pour voir si l'affinage est terminé. On plonge, comme à l'ordinaire, une verge de fer, par la tuyère, dans le bain ; on la retire rapidement, et on examine la matière qui s'est attachée. La couleur extérieure de cette matière est toute autre que dans l'affinage du cuivre de liquation : dans les premières épreuves, elle a une belle apparence rouge, est d'ailleurs forte, cassante, dentelée à la cassure, et jaune clair intérieurement. Après quelques minutes, les nouvelles épreuves montrent qu'elle a augmenté en rougeur, qu'elle est moins forte et moins cassante, de cassure plus fine et plus jaune ; enfin, après un temps assez court, on trouve ces propriétés encore plus marquantes, et il se forme à l'extrémité un petit amas composé d'un grand nombre de petites aspérités, grosses comme la tête d'une épingle, qui sont unies entre elles.

Alors on ôte les soufflets, et on retire le cuivre par rondelles ; lorsqu'on voit qu'il s'est oxidé en

partie, on le revivifie, en y ajoutant un peu de cuivre noir. Les premières rondelles sont, dans tous les cas, refondues, parce qu'elles n'ont pas un bel aspect extérieur. Plus la couleur du cuivre affiné est matte, et plus le son qu'il rend quand on le frappe est bas, plus il est fin.

En douze heures de temps, on affine 9 quintaux de cuivre, et on brûle neuf cents pieds cubes de charbon par 100 quintaux de cuivre affiné produits. Deux ouvriers sont employés à ce travail.

Considérations générales.

L'usine de *Gottes-Belohnung* peut amalgamer annuellement 1000 quintaux de matte de cuivre, ainsi que nous l'avons dit plus haut; elle peut occuper en tout quinze à vingt hommes, que l'on payait à la journée à raison de 9 à 4 gros, et un maître d'amalgamation, qui recevait un prix fixe de 3 écus par semaine.

Ce procédé d'amalgamation, sans parler des autres avantages importans qu'il procure sur celui de la fusion et de la liquation, est sur-tout préférable, par la plus grande quantité d'argent qu'il rapporte et par la plus belle apparence de cet argent à l'état fin. D'un autre côté, il est vrai qu'il fournit moins de cuivre noir; mais le cuivre pur qu'on retire de celui-ci est meilleur et plus estimé des fabricans que celui obtenu, à l'aide du plomb, par le procédé de la voie sèche. Quant aux frais dans le procédé d'amalgamation, s'ils sont moindres ou dépassent ceux de la méthode usitée à Mansfeld et Hetstädt, c'est ce que nous

ne pouvons décider ici. Toujours est-il vrai que si l'usine d'amalgamation de Gottes-Belohnung pouvait recevoir la même activité que celle à liquation de Hetstädt, la perte peu considérable en mercure, le peu de dépense en charbon, la pureté des produits, les prix peu élevés de main-d'œuvre, et la facilité de pouvoir terminer chaque année la suite des opérations, feraient, sans contredit, donner l'avantage à la méthode d'amalgamation. C'est aussi par ces motifs que le conseil des mines de Basse-Saxe se propose de reprendre, incessamment, ce traitement, interrompu par suite de circonstances particulières.

Note en réponse à un article de M. Berthier, *ingénieur en chef des mines, sur la théorie des mortiers*; par M. Vicat, *ingénieur des ponts et chaussées*. (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 69.)

Un retard involontaire dans le renouvellement de mon abonnement à ce journal m'a privé de connaître plus tôt l'intéressante notice de M. Berthier sur les chaux grasses, les chaux hydrauliques et le mortier. Les détails dans lesquels ce savant chimiste est entré, le ton de bienveillance et d'impartialité qui règne dans sa discussion, me font vivement désirer qu'il veuille bien m'aider à dissiper les incertitudes qui subsistent encore sur une théorie qui, dans l'état actuel de nos connaissances, ne doit pas rester plus long-temps douteuse.

Il y a cinq ans que j'ai publié mes premières recherches sur ce sujet, et depuis cette époque j'ai continuellement travaillé à les étendre et à accroître la série des faits. Je m'empresse de dire qu'ils confirment, avec la plus grande exactitude, les expériences de M. Berthier sur la manière dont se comportent la silice, l'alumine et les oxides de fer et de manganèse calcinés avec la craie. J'avais, au surplus, remarqué déjà, d'après des essais multipliés (*voyez* mon mémoire, p. 5), que le fer et le manganèse n'étaient pas indispensables aux chaux hydrauliques.

M. Berthier termine sa notice par quelques observations critiques sur l'explication que j'ai essayé de donner de la solidification des bétons

et des mortiers en général. J'avoue qu'en effet mes idées ne sont pas tout-à-fait exemptes d'objections; mais je dois dire que M. Berthier se trompe quand il affirme que je ne les ai appuyées d'aucun fait. Je me propose de rappeler ici très-succinctement ceux qui semblent les justifier, et d'y joindre les faits nouveaux que j'ai rassemblés depuis.

1°. Le plâtre n'a aucune causticité; on le manie impunément; il adhère, par juxta-position, aux corps sur lesquels on l'applique, et il n'exerce sur les corps aucune action chimique sensible.

2°. L'argile est de même; elle diffère physiquement du plâtre dans ses effets, en ce qu'elle prend du retrait en durcissant, pendant que le plâtre, au contraire, augmente plus ou moins de volume.

3°. Si on prend ces deux matières pour gangue, qu'on y introduise diverses proportions de sable ou de menu gravier, il arrivera que la résistance des agrégés décroîtra rapidement en raison de la quantité d'alliage qu'ils contiendront.

4°. Une chaux commune très-grasse, c'est-à-dire très-pure, offrira le même résultat: l'hydrate de chaux sans alliage pourra acquérir une résistance moyenne représentée par 3800; tandis qu'après l'introduction du sable, cette résistance, dans les circonstances les plus favorables, s'élèvera tout au plus à 2000.

5°. Une chaux hydraulique de bonne qualité se comportera d'une manière toute différente: employée seule à l'état d'hydrate, et exposée à toutes les intempéries, elle parviendra à une résistance moyenne de 2,000; mais, avec le sable,

elle pourra donner, dans les mêmes circonstances et dans le cas le plus favorable, jusqu'à 7700.

6°. Une chaux hydraulique, employée seule à l'état d'hydrate et sous une terre fraîche, parviendra à une résistance moyenne, représentée par 4000 : mêlée avec le sable, elle pourra donner, dans les mêmes circonstances et dans le cas le plus favorable, jusqu'à 5500.

7°. Une chaux grasse employée immédiatement après l'extinction, de manière à jouir autant que possible de toute sa causticité, formera, avec le sable, des mortiers dont la plus grande résistance s'élèvera à peine à 1500. La même chaux, éteinte spontanément par une année d'exposition à l'air sous un hangar, pourra donner, dans les mêmes circonstances, jusqu'à 2700.

8°. Les faits exposés dans les articles 4, 5, 6 et 7 ci-dessus, ont lieu également avec les sables calcaires et les sables quarzeux.

9°. Les gros sables forment avec la chaux grasse de meilleurs mortiers que les sables fins : ceux-ci reprennent l'avantage avec les chaux hydrauliques.

10°. Les pouzzolanes naturelles et les argiles légèrement cuites se comportent avec les chaux grasses d'une manière entièrement semblable.

11°. Les mélanges de chaux grasse et de pouzzolane durcissent d'autant plus vite sous l'eau, que la température de celle-ci est plus élevée.

12°. Jamais l'eau n'attaque ces mélanges lorsqu'ils sont faits en bonnes proportions; dans le cas contraire, elle se borne à dissoudre l'excès de chaux qui s'y trouve : tandis qu'elle ne laisse que le sable tout pur lorsqu'elle coule légèrement

sur un mortier ordinaire à chaux grasse, immergé encore frais.

13°. Les bétons composés de chaux grasse et d'une excellente pouzzolane augmentent de volume en se solidifiant lorsqu'ils ont été gâchés avec soin. Cette augmentation se manifeste souvent par la rupture des vases dans lesquels le béton a été placé.

14°. L'énergie des pouzzolanes se manifeste également, soit qu'on les emploie en poudre sèche ou en poudre imbibée jusqu'à saturation.

15°. La chaux grasse éteinte par immersion (qui hâte en général la solidification des mortiers hydrauliques, par la propriété absorbante dont elle est douée) ne conduit point au même degré de dureté lorsqu'on la mêle avec une excellente pouzzolane, que si on en perfectionne préalablement la division par l'extinction ordinaire.

16°. Les mortiers hydrauliques à pouzzolanes se solidifient lentement. On remarque qu'ils font plus de progrès de la seconde à la troisième année, que de la première à la seconde. L'analyse de ces matières ne donne qu'une quantité d'acide carbonique beaucoup moindre que celle qui convient à la saturation de la chaux qu'elles contiennent.

En réfléchissant sur ces faits, vérifiés par dix années d'expériences successives, j'ai été conduit à cette première conclusion, dont la légitimité ne sera point contestée, savoir : que la force qui unit la chaux hydraulique aux particules quarzeuses ou calcaires mêlées avec elle, est plus grande que l'adhésion des propres parties de

cette chaux entre elles ; et j'avoue de bonne foi qu'il m'a toujours paru impossible d'expliquer ce phénomène autrement que par la puissance d'une affinité chimique. M. Berthier tranche la question, et dit : « Ce phénomène n'a rien qui » puisse surprendre. Ne voit-on pas la peinture » et les vernis adhérer aux bois, la colle à la plu» part des corps, l'or aux émaux, etc., avec une » force telle que l'on ne peut la vaincre que par » des moyens chimiques? et cependant n'est-il » pas évident que, dans aucun de ces cas, il n'y » a combinaison, puisque, lorsqu'on enlève, en » la détruisant, la peinture, la colle, etc., dont » un corps était recouvert, on voit que ce corps » n'a pas éprouvé la plus légère altération, et » que, s'il était poli, il a conservé tout son éclat? »

J'ai dit, page 73 de mon mémoire : « Les modi» fications (quelles qu'elles soient d'ailleurs) » que l'action du feu détermine dans les propor» tions de silice et d'alumine mêlées à la matière » purement calcaire, donnent au composé qui » en résulte la faculté d'agir chimiquement, par » l'intermède de l'eau, sur de nouvelles subs» tances siliceuses à l'état de quarz. »

Il est possible qu'ailleurs je me sois servi aussi du mot *combinaison ;* mais il n'est jamais entré dans ma pensée que le résultat de cette combinaison dût être d'altérer, de dépolir ou de corroder sensiblement la surface du quarz. Des effets aussi prononcés ne sont pas le résultat nécessaire d'une attraction moléculaire. Celle-ci peut agir avec une grande intensité, à distance infiniment petite et superficiellement, pour ainsi dire : la considération des pores, des aspérités, etc.,

comme explication des phénomènes décrits, ne soutient pas un seul instant l'examen. Je m'explique à cet égard : soient deux corps, A et B, liés ensemble, suivant un plan S, par une adhésion purement physique, cette adhésion ne résulte évidemment que d'un emboîtement d'aspérités ou d'un entrelacement des fibres, etc. ; en considérant donc chaque aspérité ou fibre du corps A retenue par un pore ou une fibre du corps B, comme une petite force, l'adhésion totale sera la somme de ces forces: or, quelque multipliées que soient les aspérités, il est clair qu'elles ne seront jamais en assez grand nombre sur la face de juxta-position S pour égaler la somme des mêmes forces contiguës, distribuées sur une égale section S, prise dans le corps A. Si donc l'homogénéité du corps A est parfaite, qu'il ne se soit rien passé d'extraordinaire dans les parties de ce corps en contact avec B, il arrivera infailliblement que la disjonction aura lieu, suivant le plan de contact et non ailleurs, quand on cherchera à séparer les corps juxta-posés. Réciproquement, toutes les fois qu'à section égale, la séparation s'effectuera dans A ou dans B, et non sur le plan de juxta-position, on sera en droit d'en conclure qu'une force étrangère est intervenue, ou que les parties contiguës à ce plan ont acquis plus de compacité, plus de résistance que dans le reste de la masse ; ainsi qu'elles ont été modifiées. Quel nom donnera-t-on maintenant à cette modification, et quelle origine lui assignera-t-on ? Si je me suis trompé en la considérant comme le résultat d'une affinité ou d'une forte attraction moléculaire, on avouera que je

suis d'autant plus excusable, que de grands physiciens n'ont pas hésité à qualifier du même nom la force inconnue, qui augmente, après un certain temps, la résistance que deux corps parfaitement polis éprouvent à glisser l'un sur l'autre; et en cela, ils vont plus loin que moi. Je désire que M. Berthier veuille bien apprécier ces raisons, et examiner sur-tout si la discussion qui vient de s'élever entre nous ne roulerait pas, par hasard, plutôt sur les mots que sur les choses.

L'exemple des vernis, des colles et des huiles, si l'on veut, est loin, selon moi, d'infirmer ma proposition; il me semble que si l'ascension de l'eau dans le joint étroit de deux lames de verre est due à une attraction moléculaire, on ne peut méconnaître la même chose dans la forte tendance des colles et des huiles à s'insinuer dans les pores des corps; et dire qu'un corps est gras ou collant, c'est expliquer, je crois, qu'il est très-attirable moléculairement par d'autres corps. Résumant donc mes conclusions, je dis du plâtre, de l'argile et de la chaux commune, que ces substances n'ont que peu ou point d'affinité pour le quarz, puisqu'elles y adhèrent moins fortement que leurs propres parties n'adhèrent entre elles; et, par une raison toute contraire, je dis de la chaux éminemment hydraulique, qu'elle s'attache au quarz par l'effet d'un lien chimique. Si on lance une poignée de boue ou d'argile contre une planche ou contre le parement d'une pierre, il pourra bien arriver qu'avant ou après la dessication il soit plus aisé de désunir les propres parties de la boue ou de l'argile, que de

les séparer de la planche ou de la pierre : cela ne prouvera pas qu'il y ait affinité, je l'avoue; mais cela prouvera qu'il n'y a plus d'homogénéité dans l'argile ou la boue, et que l'effet du choc a été de comprimer les parties les plus voisines du plan de jonction, et de leur donner ainsi une plus grande résistance.

Je perdrai mon procès, au surplus, si on parvient à démontrer que l'effet de la porosité peut lier ensemble deux corps d'une manière plus solide que les propres parties de ces corps ne se lient naturellement entre elles : tout étant physique dans cette question, on peut la soumettre au calcul. Il sera curieux de voir comment on expliquera les faits suivans, dont je garantis l'exactitude.

Un prisme de plâtre, âgé d'un an, a donné pour résistance 6120; 100 parties du même plâtre, gâchées avec 150 parties de sable, n'ont donné, dans les mêmes circonstances, que 2491.

Un prisme de chaux hydraulique (hydrate), âgé de quatorze mois, a donné 1950; 100 parties du même hydrate, mêlées avec 150 parties du même sable que ci-dessus, ont donné, dans les mêmes circonstances, 7009.

M. John, dont la théorie paraît à M. Berthier plus plausible que la mienne, a constaté l'inaction des chaux grasses sur le quarz par une expérience directe; mais ses conclusions relativement aux pouzzolanes ne sont qu'une induction, et à cette induction nous opposerons les faits suivans, qui ne sont que les développemens de ceux qu'on a précédemment établis sous les numéros 14, 15 et 16.

1°. Si l'on prend une poudre calcaire, une poudre quarzeuse, et une pouzzolane en poudre de même grain et de même dureté à très-peu près; qu'on laisse ces trois poudres s'imbiber d'eau pendant plusieurs jours; qu'on les mêle ensuite en proportions semblables avec une même quantité de chaux grasse, et qu'on immerge sur-le-champ les trois mélanges, il arrivera que les bétons à poudre calcaire et quarzeuse resteront toujours mous, pendant que le béton à pouzzolane durcira.

2°. La surface d'un béton dépouillé d'une partie de la chaux perdra momentanément une partie de sa consistance; mais, après cinq ou six années, elle se tapissera d'une légère croûte de chaux carbonatée, dont la formation lente sera due au gaz carbonique dont toutes les eaux sont plus ou moins imprégnées; et, sous cette espèce de bouclier, elle reprendra de la fermeté et finira par atteindre la dureté des parties centrales, où l'action dissolvante de l'eau ne s'est point fait sentir.

Si l'on parvient à expliquer ces phénomènes par la porosité et la faculté absorbante des particules pulvérulentes de la pouzzolane, nous passerons volontiers condamnation sur ce que nous avons dit de l'action chimique de ces substances.

M. Berthier ne pense pas que les argiles calcinées aient de l'analogie avec les pouzzolanes, elles en ont au moins une très-grande par leur manière d'agir avec la chaux grasse; et quant à la composition chimique, il est certain que si les roches volcaniques contiennent de la potasse, les argiles, telles que la nature les donne, en con-

tiennent souvent aussi. Mais j'ai prouvé (1) par des expériences directes que la présence de la potasse ou de la soude dans les argiles calcinées n'a aucune influence sensible sur leur énergie : les mêmes oxides alcalins peuvent donc se trouver accidentellement dans les roches volcaniques, sans qu'on puisse en conclure que celles-ci diffèrent essentiellement du silicate d'alumine proprement dit.

« S'il y avait réellement combinaison entre la » chaux et l'argile, dit M. Berthier, les bétons com- » posés de ces deux matières, et qui durcissent » dans l'eau, ne perdraient pas insensiblement » leur dureté au contact de l'air ; car on sait que le » ciment romain, qui n'est autre chose qu'une » pareille combinaison obtenue par la voie sèche, » durcit au contact de l'air comme sous l'eau. »

Je ne pense pas que l'objection soit fondée; car les combinaisons par la voie humide et par la voie sèche ne sont pas produites par les mêmes forces : ainsi il n'y a rien de contradictoire dans le fait invoqué ; personne ne peut nier d'ailleurs que l'air ne soit un agent capable de détruire certaines combinaisons chimiques (2).

Mais, sans pousser plus loin ces considérations, exposons encore un fait : que l'on prenne

---

(1) *Recherches sur les pouzzolanes artificielles.* Mémoire lu à l'Institut le 1er. février 1819.

(2) J'ai observé que la détérioration des bétons exposés à l'air est d'autant plus rapide et plus prononcée que l'argile employée comme pouzzolane est plus pure. Cette détérioration est modérée d'une manière très-remarquable par la présence de l'oxide de fer, et c'est peut-être par cette

100 parties d'hydrate de silice (obtenues par la dessication naturelle de la silice en gelée); qu'on mêle cette silice avec environ 50 parties d'hydrate de chaux grasse en pâte un peu ferme, et qu'on immerge le mélange sur-le-champ, la solidification se manifestera en moins de douze heures; et ici la combinaison sera évidente, car il n'y aura aucun effet de porosité à invoquer: cette solidification persistera tant que l'immersion durera; après un mois ou deux d'exposition à un air sec, le composé deviendra terne et pulvérulent. Les mêmes choses se passeront d'une manière à-peu-près semblable si on emploie de la silice encore gélatineuse, un peu plus épaisse cependant qu'elle ne l'est immédiatement après le lavage.

Plus on approfondit ce sujet, plus la théorie des aspérités et de l'absorption paraît invraisemblable : si une brique toute chaude, sortant du four, s'imbibe complétement par un quart d'heure d'immersion, quel temps assignera-t-on à des particules imperceptibles de pouzzolane noyées dans une bouillie de chaux? Elles ont le loisir de s'imbiber cent fois avant qu'on ait pu confectionner bien exactement le mélange des ingrédiens. Que leur restera-t-il donc à faire quand

raison qu'elle est peu sensible à l'égard du ciment romain et du ciment de Boulogne. J'ai observé encore que du béton composé de chaux hydraulique et de sable seulement, exposé à un air sec, après un an d'immersion, est devenu aussi friable que du mortier à chaux grasse, pendant que le même béton, exposé de la même manière après un an de séjour dans une terre fraîche et légère, n'a donné aucun signe d'altération.

on immergera ce mélange encore pâteux, duquel elles seront désormais incapables de tirer un atome d'eau, et par quels moyens ce mélange pâteux pourra-t-il durcir continuellement d'une manière très-sensible pendant trois années consécutives ?

M. Berthier demande pourquoi l'argile crue, qui se prête en général plus facilement aux combinaisons que l'argile cuite, ne produit pas le même effet que celle-ci. Je me suis fait souvent la même objection sans avoir entièrement pu la résoudre. Personne ne saurait mieux que M. Berthier éclaircir cette difficulté, s'il voulait bien en prendre la peine : nous lui devrions ainsi l'explication d'un fait non moins curieux que celui qu'il vient de nous révéler sur l'efficacité de l'alumine, du fer oxidé, etc., ajoutés à la silice dans la confection de chaux artificielles.

Observations sur la note de M. Vicat, *relative à la théorie des mortiers ;*

Par M. P. BERTHIER, ingénieur des mines.

M. John a avancé que, dans les bons mortiers, la chaux s'attache fortement aux grains de l'alliage par adhérence, mais qu'en général la chaux n'exerce aucune action chimique sur les substances pierreuses par la voie humide. J'ai soutenu l'opinion de M. John, parce que tout me porte à croire qu'elle est exacte. J'ai cru que M. Vicat avait adopté l'opinion opposée, et je me fondais sur

un grand nombre de passages de ses écrits et, entre autres, sur celui qu'il cite, page 99 de sa note et sur celui-ci : «Une légère calcination dispose la silice et l'alumine des argiles à se combiner entièrement avec la chaux». (*Ann. des Mines*, *t. VII*, *p.* 482.) Il m'a paru qu'il avait été compris de la même manière par toutes les personnes avec lesquelles je me suis entretenu de ce sujet. De quelles autres expressions, en effet, aurait-il pu se servir pour désigner une véritable combinaison chimique, telle que celle qui a lieu, par exemple, entre l'acide sulfurique et la potasse? Je l'ai donc combattu, et comme d'ailleurs il n'a pas cherché à constater la réalité de la combinaison chimique, ce qu'il eût été possible de faire, j'ai dit qu'il n'avait appuyé son opinion sur aucun fait.

Aujourd'hui M. Vicat m'engage à examiner « si la discussion qui vient de s'élever entre nous ne roulerait pas, par hasard, plutôt sur les mots que sur les choses». Il me paraît évident maintenant que nous n'avons pas attaché le même sens aux mêmes expressions. En effet, d'une part, on voit par sa note que M. Vicat ne fait aucune différence entre ce que j'appelle adhérence et ce qu'il appelle l'affinité chimique, entre l'union des corps par juxta-position et la combinaison ; car il lui semble que l'ascension de l'eau dans le joint étroit de deux lames de verre est un phénomène du même ordre que celui que présente la chaux éminemment hydraulique s'attachant au quarz par l'effet d'un lien chimique; mais jamais il n'est entré dans sa pensée que le résultat de la combinaison produite par l'affinité chimique de la chaux

hydraulique par les particules quarzeuses, etc., dût être d'altérer, de dépolir, de corroder sensiblement la surface du quarz. D'un autre côté, j'attribue, ainsi que M. John, aux mots *adhérence*, *action chimique* et *combinaison* l'acception qu'on leur donne ordinairement; c'est-à-dire que j'appelle *adhérence* l'union que deux corps contractent par juxta-position et sans que la nature de l'un ni de l'autre soit altérée ; *action chimique*, l'action qu'un corps exerce sur un autre lorsqu'il le dénature, soit en lui enlevant un ou quelques-uns de ses principes constituans, soit en s'y unissant molécule à molécule pour former un tout homogène ; *combinaison*, le nouveau corps homogène qui résulte de l'action chimique que deux ou plusieurs corps différens exercent les uns sur les autres.

Il semble résulter de ces explications et de l'ensemble des éclaircissemens donnés par M. Vicat que l'adhérence, telle que nous la comprenons M. John et moi, est la base de toute la théorie des mortiers; cependant quelques passages de sa note laissent encore dans le doute sur la question de savoir s'il n'admet pas quelquefois la combinaison : par exemple, il reproche à M. John de n'avoir constaté l'inaction chimique des chaux grasses (et il s'agit bien ici de l'inaction chimique opposée à l'action chimique qui corrode) que sur le quarz, et d'avoir étendu ses conclusions aux pouzzolanes par induction, et il oppose de nouveaux faits à cette induction. Sur ce que j'ai dit qu'il n'y a pas combinaison entre la chaux et l'argile dans les mortiers, il observe que les combinaisons par la voie humide et par la

voie sèche ne sont pas produites par les mêmes forces, et il m'oppose un fait dans lequel il y a réellement combinaison par la voie humide; il est à désirer que ce savant ingénieur veuille bien éclaircir tout-à-fait ce sujet.

Je n'ai jamais nié que les argiles calcinées eussent de l'analogie avec les pouzzolanes par leur manière d'agir avec la chaux grasse; mais je ne puis admettre, avec M. Vicat, qu'il y ait identité de composition entre ces substances. L'argile ne contient presque que de la silice et de l'alumine, on n'y a pas encore trouvé la moindre trace d'alcali, et elle diffère d'ailleurs des roches volcaniques par toutes ses propriétés chimiques. Tout ce qu'on peut conclure des faits observés, c'est que la composition n'est pas ici la circonstance essentielle : aussi voit-on que le feldspath, ou plutôt les sables feldspathiques qui proviennent de la désagrégation des granites, dont la composition est à-peu-près la même que celle des pouzzolanes, ne se comportent cependant pas avec la chaux de la même manière, et jouent à-peu-près le même rôle que du quarz pur. La seule ressemblance que j'aperçoive entre les pouzzolanes et les argiles calcinées est la porosité : c'est à cause de cela que j'ai émis l'opinion que la porosité de l'alliage paraît jouer un rôle important dans la solidification des mortiers; mais je n'ai jamais pensé, non plus que M. John, à attribuer l'efficacité des corps poreux à la faculté d'absorber l'eau au moment où on les emploie, et encore moins à expliquer la ténacité des mortiers par l'enchevêtrement des parties, et il me semble que rien de ce que nous avons écrit ne peut le

faire présumer : je n'ai donc aucune observation à faire sur ce que M. Vicat dit à ce sujet.

Si l'on admettait que la chaux agit chimiquement dans les mortiers, on ne concevrait pas pourquoi l'argile crue ne produit pas le même effet que l'argile cuite; mais dès qu'on abandonne cette hypothèse, il n'y a plus de difficulté. L'argile crue ne peut donner de bons mortiers, parce qu'elle n'a par elle-même aucune cohésion.

Quoique toute cette discussion soit au fond peu importante, je ne regrette cependant pas de l'avoir provoquée, puisqu'elle a fourni à M. Vicat l'occasion de faire connaître de nouveaux faits, et de répandre du jour sur un sujet important, dont il fait l'objet de ses méditations et de ses recherches.

Note sur quelques phénomènes que présente la cuisson de la chaux ordinaire et de la chaux artificielle; par M. Vicat, *ingénieur des ponts et chaussées.* (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 424).

En cherchant à faire cuire, dans un très-petit fourneau, des fragmens de pierre calcaire pure, entremêlés avec du charbon de bois et de la houille, je m'étais aperçu, il y a près de dix ans déjà, qu'en rechargeant à plusieurs reprises le fourneau avec les mêmes fragmens, à mesure qu'ils tombaient dans le cendrier, et en ajoutant d'ailleurs de nouveau combustible, on obtenait une chaux morte incapable de s'éteindre, mais

offrant ce caractère remarquable, que, broyée et gâchée à la manière du plâtre, elle faisait prise sous l'eau.

Ce phénomène semblait justifier une vieille opinion commune à tous les maîtres chaufourniers; savoir, qu'il est impossible de transformer en chaux, dût-on y brûler une forêt tout entière, la pierre qui s'est refroidie avant le terme de la cuisson : or, la chaux morte que j'ai obtenue est absolument dans le même cas, puisque les fragmens calcaires non cuits encore se refroidissaient nécessairement en tombant dans le cendrier, et en passant ensuite dans la région supérieure du petit fourneau.

De tout ceci, il paraît résulter qu'une matière calcaire à-peu-près pure, comme la craie ou le marbre, par exemple, peut être amenée par le feu à un état moyen, qui n'est ni celui de la chaux ni celui du carbonate, et, en cet état, jouir de la propriété de faire corps dans l'eau lorsqu'on l'y plonge après l'avoir pulvérisée et réduite en pâte.

La craie convertie en chaux, et éteinte selon la pratique ordinaire, donne, comme on le sait, un hydrate qui ne durcit pas dans l'eau; mais si on laisse la même chaux tomber spontanément en poudre par une longue exposition à l'air (dans un lieu abrité), qu'on la détrempe ensuite avec peu d'eau pour en former une pâte forte, cette pâte se solidifiera d'une manière très-sensible après l'immersion. L'action de l'air donne donc lieu ici à une nouvelle combinaison, qui paraît analogue à celle qu'offre la craie imparfaitement cuite, en ce que, n'étant, comme celle-ci, ni complétement chaux ni complétement carbo-

nate, elle jouit des mêmes propriétés hydrauliques.

Dernièrement, en essayant d'appliquer à la pierre à chaux pulvérisée le mode de calcination que j'ai proposé pour la fabrication des pouzzolanes artificielles, je suis parvenu à des résultats qui mettent dans un nouveau jour les phénomènes exposés ci-devant : j'ai divisé en dix portions égales une certaine quantité de poussière de craie très-fine. La première portion, jetée sur une plaque de fer fondu et chauffée au rouge, a subi une calcination de trois minutes; la seconde y est restée six minutes, la troisième neuf, et ainsi de suite jusqu'à la dernière, qui a dû y séjourner par conséquent une demi-heure. Pendant chaque opération, la poussière a été bien remuée en tout sens, pour favoriser l'égale répartition de la chaleur; ces dix portions, ainsi calcinées, ont été pétries avec très-peu d'eau et réduites en pâte ferme d'une consistance bien égale. Pendant cette manipulation, il ne s'est manifesté aucun signe d'effervescence ou de foisonnement; les premiers numéros n'exhalaient que l'odeur ordinaire de la craie détrempée; mais les derniers présentaient, outre l'odeur alcaline propre à la chaux, des indices de causticité bien marqués.

Après vingt-quatre heures d'immersion, tous les numéros, le premier excepté, avaient fait prise à la manière des chaux hydrauliques; après quatre jours, une aiguille à tricoter, d'un millimètre de grosseur, terminée en pointe obtuse, et chargée d'un culot de plomb du poids de $0^{k.},181$, ne s'y enfonçait que de 3 à 5 millimètres; et, après douze jours, la dépression moyenne était de $0^{m.},008$. Le n° 1 (c'est-à-dire, celui dont la craie n'a subi

que trois minutes de calcination) est resté constamment mou.

Je chercherai plus tard à mesurer les duretés respectives auxquelles ces divers essais parviendront; je me borne, pour le moment, à faire observer que du n°. 2, qui répond à 6 minutes de calcination, au n°. 10, qui répond à trente minutes, l'aiguille d'épreuve ne donne pas de différences bien appréciables; le début de cette solidification est, du reste, tellement semblable à celui des chaux hydrauliques, que j'ai cru devoir en informer l'administration des ponts et chaussées, afin que, dans les divers essais de pierres à chaux qui se font maintenant en France, on ait à se défier de tout résultat donné par une cuisson en petit.

Si l'on considère l'hydrate de craie imparfaitement cuite, ainsi que la chaux pure éteinte spontanément, comme des mélanges en proportions diverses de particules de chaux et de particules de chaux carbonatée, on est conduit à penser qu'il est possible de les imiter exactement, en ajoutant directement de la poussière de craie à une certaine quantité de chaux. Cependant, de tous les essais que j'ai faits de cette manière, depuis 100 jusqu'à 500 parties de craie, pour 100 de chaux récemment éteinte, il n'en est aucun qui, plongé dans l'eau, ait donné le moindre signe de solidification: d'où provient cette différence?

Un ingénieur des ponts et chaussées actuellement au service de la Russie, M. Raucourt, de Charleville, en répétant sur les chaux du Nord des expériences analogues à celles que j'ai faites sur les chaux de France, est parvenu à des ré-

sultats qui ont beaucoup de rapport avec les précédens.

Lettre *de* M. Clément *au président de l'Académie des Sciences, sur la découverte d'une pierre propre à la fabrication du ciment romain.* (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 104.)

C'est une chose qui a paru sans doute d'une bien grande importance à tous les voyageurs qui ont parcouru l'Angleterre, que la découverte du ciment auquel on a donné le nom de *ciment romain*. Son usage permet de fonder solidement à la mer les ouvrages les plus exposés à ses effets destructeurs, et donne un aspect très-agréable aux maisons. J'avais souvent fait des vœux pour que notre pays pût jouir des précieux avantages de la découverte de Parker, maintenant mes vœux seront satisfaits. M. Minard, mon ami, ingénieur du canal du Centre, vient de me communiquer les résultats d'un travail sur ce sujet, qui l'occupe depuis cinq à six mois, qui me semblent d'un très-grand intérêt. Je vous serai obligé de les faire connaître à l'Académie.

1°. Il a trouvé, dans le département de Saône-et-Loire, plusieurs carrières de pierres calcaires, qui donnent du ciment romain aussi bon que celui d'Angleterre. Elles sont fort abondantes, puisque dans l'une de ces carrières il existe un banc de 5 mètres d'épaisseur.

Plusieurs des échantillons que j'ai examinés sont tout-à-fait semblables à ceux que j'ai rapportés dernièrement de la rive gauche de la Ta-

mise. Calcinées convenablement, quelques-unes de ces pierres donnent des cimens qui peuvent durcir sous l'eau beaucoup plus vite que le ciment anglais et atteindre la même dureté. Il en est d'autres qui durcissent plus lentement, mais qui deviennent plus solides.

2°. M. Minard a poussé ses recherches plus loin, et il a découvert que la propriété de donner du ciment romain appartient presque à toutes les pierres calcaires. Il en a fait avec quelques-unes qui ne contenaient que $\frac{1}{100}$ d'argile : il suffit que leur calcination soit lente et peu avancée. Certaines pierres, employées depuis un temps immémorial à faire de la chaux, donnent, à volonté, du ciment romain, qui prend en un quart d'heure, ou d'autre, qui ne prend qu'en quatre ou cinq jours, ou enfin de la chaux grasse, qui ne prend pas. Pour cela, la pierre doit perdre 8, 12 ou 30 pour cent par la calcination. Il faut remarquer que déjà M. Vicat, à qui l'on doit tant de choses neuves sur les mortiers, a publié tout récemment un fait qui s'accorde parfaitement avec la remarque générale de M. Minard, c'est que la craie faiblement calcinée donne une matière susceptible de prendre sous l'eau.

3°. Plusieurs expériences ont fait présumer à M. Minard que les cimens romains ne doivent leur qualité qu'à un sous-carbonate de chaux produit par l'action du feu sur le carbonate naturel.

Il a d'abord porté son attention sur les deux premiers résultats, qui promettaient de prochains succès pour son art. Ses expériences ont été très-nombreuses, et j'en ai vu les produits. La conséquence heureuse qu'il en a tirée; savoir, que l'on peut

faire du ciment romain presque par-tout où l'on a de la pierre calcaire, me paraît hors de doute. Quant à la dernière vue, ce premier pas dans la théorie du ciment romain, M. Minard la poursuit, et probablement sous peu elle sera constatée.

J'ai l'honneur, etc.

Châlons-sur-Saône, le 10 octobre 1823.

Suite des observations sur les résultats de l'imparfaite cuisson de la pierre à chaux ordinaire; par M. Vicat, ingénieur des ponts et chaussées. (Ann. de Ch., t. XXV, p. 60.)

D'après la lettre de M. Clément, M. Minard aurait reconnu, par diverses expériences, que les pierres calcaires en général peuvent fournir du ciment dit romain par une légère calcination. J'ai annoncé que la poussière de craie, chauffée depuis 10 jusqu'à 30 minutes sur une plaque de fer rouge, acquiert la singulière propriété de faire prise dans l'eau, lorsqu'on la pétrit un peu ferme à la manière du plâtre : j'aurais pu généraliser mes conclusions, mais je m'en suis défendu; les nombreux démentis que j'ai reçus dans le long cours de mes expériences, pour m'être quelquefois laissé entraîner à cette manière commode d'agrandir le domaine des découvertes, m'ont rendu très-circonspect, et ce qui va suivre justifiera peut-être ma timidité.

Il y a aujourd'hui quatre mois que mes essais de craie sont immergés, et ils sont encore dans le

même état qu'après le deuxième jour. Une excellente chaux hydraulique, mise en expérience en même temps que la craie, a acquis au contraire une très-grande consistance; cependant le début a été le même de part et d'autre.

Or, un ciment hydraulique qui, âgé de quatre mois, est encore dans l'état de notre craie, est à coup sûr un très-mauvais ciment, et je pense qu'il serait de la dernière imprudence de confier à une telle matière le succès d'une construction tant soit peu importante.

Afin de varier mes expériences, j'ai essayé plusieurs morceaux d'une pierre à chaux grasse provenant des piliers d'un four chauffé au bois, et cuite à des degrés très-différens : les morceaux imparfaitement cuits m'ont fourni des cimens à pâte courte, qui, au bout d'un mois, n'avaient acquis qu'une faible compacité, inférieure même à celle que prend la chaux de craie à moitié cuite. J'ai fait des briques avec ces cimens, et je les ai exposées à l'action de l'air, elles se sont durcies comme de l'argile; mais ayant été ensuite plongées dans l'eau, elles se sont presque aussitôt divisées en miettes.

Ces expériences sont loin de confirmer la généralité des résultats annoncés par M. Minard. J'ai de la peine à croire qu'on obtienne jamais, je ne dis pas de bons, mais même de passables cimens par la calcination plus ou moins avancée des pierres calcaires pures : il faudra probablement en revenir aux calcaires argileux; et quand on aura bien étudié et bien classé ceux-ci, relativement aux proportions d'argile et de chaux qu'ils contiennent; qu'on se sera rendu

compte, dans tous les cas, des résultats et de la dépense, on sera peut-être forcé de reconnaître qu'il n'y a rien de plus avantageux qu'une bonne chaux hydraulique, qui, rendant de 1,10 à 1,30 pour cent, peut, sur 100 parties mesurées en pâte, recevoir de 160 à 180 parties de sable, et fournir ainsi, à un prix très-modéré, un mortier capable de braver également les vicissitudes de l'atmosphère et les effets destructeurs des eaux courantes.

Note sur le même sujet, par M. P. Berthier.

J'ai calciné trois portions de marbre de Carrare très-pur et réduit en poudre fine, de manière à faire perdre 0,12 d'acide carbonique à la première, 0,20 à la seconde, et 0,30 à la troisième. J'ai versé sur les résidus autant d'eau qu'ils ont pu en absorber ; ils se sont éteints comme l'auraient fait des chaux maigres, et en développant une chaleur d'autant plus grande, qu'ils avaient été plus fortement calcinés ; je les ai ensuite pétris avec une nouvelle quantité d'eau de manière à en faire des pâtes consistantes. J'ai placé ces pâtes dans des verres que j'ai remplis d'eau : elles ne se sont pas délayées comme l'auraient fait des chaux grasses complétement calcinées, mais leur consistance ne s'est point accrue, et elles étaient encore molles comme le premier jour, après deux mois d'immersion : les chaux grasses imparfaitement cuites sont donc bien loin de se comporter comme de véritables chaux hydrauliques.

Une chaux grasse imparfaitement cuite doit plutôt être considérée comme un carbonate avec excès de base, que comme un mélange de chaux et de carbonate ordinaire; car pour lui faire perdre la totalité de l'acide carbonique qu'elle renferme, il faut nécessairement l'exposer à une chaleur plus forte que celle qui l'a amenée à son premier état, ce qui prouve que cet acide y est retenu par une force plus grande que dans le carbonate ordinaire. Il est probable que lorsqu'on arrose ces sous-carbonates avec de l'eau, ils se changent en hydrocarbonates, combinaisons d'hydrate de chaux et de carbonate ordinaire qui paraissent avoir la propriété de prendre et de conserver quelque consistance. Mais ces combinaisons sont très-faibles et très-peu permanentes; elles sont détruites par l'eau employée en quantité suffisante pour dissoudre l'hydrate de chaux qu'elles contiennent, et le résidu est du carbonate de chaux ordinaire. Ce fait avait déjà été observé par M. John ; je l'ai constaté plusieurs fois sur des chaux grasses cuites à des degrés différens.

Ces résultats, conformes à ceux que M. Vicat a obtenus, sont contraires aux assertions dont M. Minard a fait part à l'Académie des Sciences. J'ai peine à croire que ces assertions soient exactes; cependant je ne chercherai pas à les combattre, parce que, d'une part, M. Minard n'a pas fait connaître avec détails les motifs et les expériences sur lesquels il fonde son opinion, et que d'un autre côté c'est à lui à prouver la fausseté des théories admises actuellement, et qu'il prétend renverser, quoiqu'elles soient appuyées sur un grand nombre de faits et qu'elles aient l'assentiment de la plu-

part des savans et des praticiens qui se sont occupés de ce sujet.

Je me bornerai à rapporter deux expériences nouvelles qui confirment l'exactitude de celles que j'ai déjà publiées.

On trouve auprès de Milhaud (Aveyron) un calcaire compacte, gris foncé, dur et tenace, qui a quelque ressemblance avec la pierre à ciment d'Angleterre. Il contient :

Carbonate de chaux...	0,70
Carbonate de magnésie.	0,08
Argile..............	0,20
Oxide de fer.........	0,02
	1,00

J'en ai fait cuire quelques morceaux dans les fours de M. de Saint-Léger, et j'ai examiné la chaux qui en est résultée. Elle se dissolvait dans les acides en faisant gelée et sans produire aucune effervescence, ce qui prouve qu'elle ne retenait pas du tout d'acide carbonique; cependant elle était hydraulique à un haut degré. En morceaux, elle ne s'éteignait qu'imparfaitement et l'eau ne pénétrait jamais jusqu'au centre; réduite en poudre, elle s'éteignait très-bien avec chaleur, mais presque sans augmentation de volume; amenée à l'état de pâte molle et moulée en boules, elle a pris en très-peu de temps une dureté très-grande à l'air : des boules semblables, plongées dans l'eau, s'y sont aussi solidifiées, et elles y ont acquis une consistance qui s'est continuellement accrue avec le temps. Cette chaux a donc toutes les propriétés qu'on aurait pu lui supposer d'après sa composition; elle est éminemment hydraulique, mais non pas assez pour

pouvoir servir de *ciment romain.* Si l'on veut en faire usage, il faudra, pour en déterminer l'extinction totale, sans être obligé de la réduire en poudre, la mêler en morceaux avec une certaine quantité de chaux très-grasse.

M. Clément a remis à M. de Saint-Léger une pierre calcaire dont M. Minard annonce s'être servi pour préparer du *ciment romain.* Elle est compacte, mais peu tenace, grise, nuancée de rouge. J'y ai trouvé :

Carbonate de chaux....	0,75
Carbonate de magnésie.	0,03
Peroxide de fer.......	0,16
Argile..............	0,06
	1,00

Cette composition annonce une chaux maigre et très-médiocrement hydraulique : c'est effectivement la propriété que M. de Saint-Léger, qui en a fait cuire dans ses fours, lui a reconnue, et que je lui ai trouvée aussi en la calcinant en petit à des degrés de température variés. Il est possible qu'en chauffant une pierre à chaux peu hydraulique, de manière à n'en expulser qu'une partie de l'acide carbonique, on en obtienne une chaux très-hydraulique : cela serait conforme aux théories admises, car une chaux ainsi préparée pourrait être comparée à une chaux éminemment hydraulique mêlée de carbonate de chaux ; mais cela ne prouverait nullement que le ciment romain doit sa propriété à un sous-carbonate de chaux, ainsi que le présume M. Minard. Quoi qu'il en soit, une pareille chaux ne pourrait jamais équivaloir à une chaux très-hydraulique après cuisson complète ; elle ne pourrait presque

moyens, désignés généralement sous le nom de terrains secondaires;

4°. Les terrains de sédiment supérieurs, ou tertiaires.

Nous allons examiner séparément chacun de ces terrains.

§ 1. — *Terrains primordiaux granitoïdes.*

Ce sont les terrains qu'on désigne généralement sous le nom de primitifs; mais comme il devient de plus en plus difficile d'établir une limite certaine de séparation, quant à l'époque de formation et même à la nature des roches qu'on y observe, entre ces terrains et les terrains intermédiaires ou de transition, nous réunissons ces deux classes de terrains sous la dénomination commune de terrains primordiaux, et pour ne point paraître assigner une espèce d'antériorité de formation aux uns sur les autres, nous nous contenterons de les désigner par le genre de roche qui y domine.

Ainsi, dans les terrains que nous allons décrire, en employant souvent les propres expressions de M. Gueymard, les roches dures, de cristallisation confuse, à texture grenue, plus ou moins semblables au granite, sont celles qui dominent dans la classe des terrains que nous appelons primordiaux granitoïdes : le terrain qui les présente est assez bien limité; il renferme peu de roches des terrains suivans, et remplit, comme la carte le fait voir, la région de l'ouest et du sud.

Ce terrain est presque entièrement granitique; près de ses limites, il renferme quelques couches

de gneiss et de schistes ; mais, un peu plus loin, il n'y a plus de couches subordonnées. Des masses de roches euritiques entrecoupent ces granites; les territoires de Galeria et de Girolata sont presque uniquement formés de cette roche. Plusieurs lieux présentent aussi des porphyres à base d'eurite; mais l'auteur fait observer que, géologiquement parlant, il n'y a aucune différence d'époque entre les granites, les eurites et les porphyres.

Une seule formation porphyrique lui a paru distincte de celle du granite, c'est celle du pays de Niolo, que M. Gueymard a vue en recouvrement sur cette roche, vers les vallons de Ballone, de Stagno, et sur les monts Cinto, Baglia, Orba et Pertuisato. Les porphyres se montrent encore vers l'ouest, après le versant des eaux, puisqu'on en trouve constamment des débris dans les torrens de la Spolata, du Bussagia et de Porto.

Le terrain granitique de la Corse ne lui a pas paru stratifié, et quoiqu'il y ait indiqué quelques strates, elles avaient peu d'étendue et de régularité. Les granites sont entrecoupés par des amphibolites, des diabases (*grünsteins*), qui forment des filons, généralement dans la direction de 6 à 7^h : un petit nombre s'écartent de cette loi.

L'auteur a hésité pendant long-temps à admettre que ces roches fussent disposées en véritables filons, lorsqu'elles se dirigeaient soit au sud, soit au sud-ouest (de midi à 2 ou 3 heures), il penchait alors à les considérer comme des couches; mais le plus grand nombre se diri-

geaht de l'est à l'ouest, ont déterminé leur vraie disposition. D'un autre côté, ces filons de diabase qu'on rencontre par-tout, pouvaient se former dans toutes sortes de directions; car les masses granitiques, n'étant point stratifiées, admettent des fissures dans tous les sens, et les matières qui les remplissent peuvent être considérées comme disposées en filons.

Ces filons et ceux d'eurites globuleux paraissent presque aussi anciens que les masses qui les renferment; nulle part on ne voit des fragmens de roche mêlés dans ces diabases et dans ces eurites. Il semble même que ces fentes se soient remplies paisiblement et sans secousse. La substance des filons tient souvent intimement à la masse qui les recèle. Dans un filon, vers le marais de Calcataggio, on trouve une preuve de cette proposition : le quarz renferme des veines du granite de la masse, et cette masse contient, à son tour, des veines de la substance du filon.

Ces granites ont souvent des nœuds ou petits rognons de diabase : ne pourrait-on pas supposer que là où ils étaient abondans, ils se seront réunis pour former des filons ou masses régulières? Les masses d'amphibolites qu'on rencontre depuis Olmeto jusqu'à Levie confirment cette supposition, étant plus abondantes que les diabases; les cristaux d'amphibole sont d'autant plus développés, que les masses ont plus d'étendue, et nulle part on ne peut distinguer d'encaissement.

On a fait remarquer que les granites de la lisière étaient contemporains des gneiss, des schistes talqueux et des grès. Ces granites reparaissent

plus loin, vers l'ouest, avec les mêmes circonstances de relation et de composition ; ils sont généralement talqueux, et on passe insensiblement de la protogyne de Corté aux protogynes mieux caractérisées, et aux véritables granites qui bordent les rivages de l'ouest. Ces caractères ne suffisent pas pour faire placer tous ces granites dans la formation intermédiaire, puisqu'on n'y voit pas de couches subordonnées ; mais il n'y a pas de doute, dit M. Gueymard, qu'il ne faille placer ces terrains dans les primitifs modernes. Peut-être, un jour, y découvrira-t-on d'autres couches propres à déterminer, avec plus de certitude, leur véritable place dans l'ordre des formations géologiques.

Les terrains primordiaux, et notamment les granitoïdes, sont ceux qui renferment le plus de roches propres à l'architecture et à la marbrerie. Les plus nombreuses et les plus belles variétés se trouvent réunies sur un petit espace, et non loin de la mer ; elles sont de nature exploitable, et non-seulement elles peuvent suffire aux besoins de la France, mais encore être exportées dans les pays étrangers.

L'auteur indique principalement,

1°. L'euphotide diallagique (*verde di Corsica*), dans les pays d'Oreza et d'Alezani.

2°. La diabase orbiculaire (granites globuleux), de Sainte-Lucie. Dans le midi de l'île, elle est en couches subordonnées dans le granite, et l'exploitation en serait très-facile ; ce qui s'accorde fort bien avec cette disposition.

3°. Le pyroméride globaire, sur la route de Curzo et Calvi à Galeria, à l'extrémité d'un vallon appelé la Stretta di Marzolino. Il s'étend jus-

qu'à Curzo, à l'est du port de Girolata; il gît dans les granites, et il paraît, d'après ce que dit l'auteur, qu'il y est en filons ou en couches subordonnées puissantes, que l'exploitation en serait praticable; que la roche offre une solidité continue, et qu'elle n'est susceptible ni de se désagréger, ni de s'altérer par les météores atmosphériques, malgré la présence du talc, que l'auteur regarde comme la partie colorante de cette roche.

4°. Le granite de l'Algayola.

5°. Celui de Calvi.

6°. Ceux de Porto, et entre la Piana et Sayone.

7°. Les amphibolites, ou pierres de deuil, d'Olmeto, de Sainte-Lucie, de Paragino et de Mesa.

8°. Les beaux granites à feldspath rouge de corail, près de Sainte-Lucie, de Tallano et de Sainte-Julie.

9°. Les granites de l'Ilot de Sambianzo, exploités par les Romains.

8°. Le porphyre de Porto-Vecchio.

11°. Les serpentines d'Attiani, de Motra et de Corté.

12°. Les marbres blancs de Borgo et d'Ortipario.

13°. Les marbres veinés de Corté.

14°. Le porphyre à quarz améthiste, de la Restonica près de Corté.

15°. Le beau granite à petits cristaux de titane oxidé, de Vico.

16°. Celui qui renferme des grenats, et qui se trouve entre Bogognano et la tour de Vezzavone.

17°. Enfin, les jolis porphyres de la vallée de Stagno.

§ 2. — *Terrains primordiaux ophiolitiques et calcaires, ou terrains de transition.*

Si l'on voulait offrir un exemple aussi authentique que remarquable de la nécessité de confondre, dans bien des cas, sous la dénomination commune de terrains primordiaux les terrains que l'on distingue souvent sous les noms de primitifs et de transition, on devrait le prendre dans le sol de l'île de Corse. M. Gueymard, qui, pour suivre l'usage admis en géologie, a voulu diviser les terrains de cette île en primitifs et intermédiaires, convient de l'embarras où il s'est trouvé fréquemment pour tracer une ligne de démarcation entre ces deux terrains. Il dit que les terrains primitifs ont l'apparence d'être plus anciens, qu'*ils se mêlent* avec les terrains intermédiaires, et la ligne qu'il trace pour indiquer leur limite, désigne plutôt une séparation de roches dominantes qu'une séparation d'époques géologiques.

La formation intermédiaire ou de transition occupe une plus grande étendue; elle comprend tout le Cap-Corse, et la partie de l'est de l'île limitée par une ligne qui passerait entre Ostriconi et l'Ile-Rousse, se dirigeant un peu à l'ouest de Castifao et de Corté, continuant à l'est de Ghisoni, à l'ouest de Prunelli et des bains de Pietra-Pola; enfin venant aboutir vers le rivage, entre Favone et Porto-Vecchio. Il faut remarquer seulement que cette dernière portion, qui comprend tout le Fiumorbo, est recouverte par la formation arénacée dont on parlera plus bas.

La roche principale de ce terrain intermédiaire est le stéaschiste; il renferme peu de couches

subordonnées, près des rivages ; mais au fur et à mesure qu'on monte vers la chaîne centrale, ces roches subordonnées deviennent très-fréquentes. Elles consistent en calcaire généralement d'un gris bleuâtre, plus ou moins veiné et saccharoïde, en talc en masses, en serpentines ollaires, en euphotides, calcaire noirâtre, semblable au plus ancien calcaire des Alpes, en roches de quarz et de feldspath, et en porphyre.

Près de la ligne de séparation des terrains intermédiaires et des granites qui occupent le reste de l'île de Corse, on rencontre assez souvent dans le terrain de transition des couches de gneiss et de protogynes, comme on en rencontre aussi dans le terrain primitif. La belle couche de grès (1), qui commence au pont de Vivario et qui finit à une demi-lieue de Saint-Pierre-de-Venaco, se trouve dans les protogynes et sur la lisière.

On remarque un gisement de quarzite et de calcaire ancien entre Ostriconi et l'Ile-Rousse ; il paraît comme encaissé dans le terrain granitique ; mais l'auteur a émis quelques doutes sur la réalité de cet encaissement. On voit ici, comme dans tous les autres pays, une succession dans les diverses formations ; mais jamais on ne peut tracer entre elles de limite rigoureuse. Ce terrain intermédiaire n'a pas paru à l'auteur être très-ancien : quand il vient s'appuyer sur la formation des granites, on voit clairement, en examinant le point de contact, qu'il s'est écoulé fort peu de

(1) Cette roche n'est pas précisément un grès, dans l'acception vulgaire de ce nom ; c'est un quarzite rougeâtre ou rosâtre, analogue à ceux du Cotentin, des bords du Rhin, etc. (*Note du Rédacteur.*)

temps entre le premier dépôt et celui qui est venu ensuite. Ainsi le granite, vers Vivario, n'est pas plus ancien que le grès (1) qu'il encaisse et que les schistes et les gneiss qui sont près du village de ce nom.

Cette ligne de séparation des terrains intermédiaires et primitifs est dirigée à-peu-près sur 11 heures de la boussole. Si l'on examine toutes les directions prises dans le terrain à couches ou à *strates*, et en ayant égard à la déclinaison de la boussole à l'époque du voyage de l'auteur; on trouvera que la direction moyenne de cette ligne est presque vers le sud.

C'est dans ce terrain que se trouvent presque toutes les mines que M. Gueymard a reconnues en Corse comme seules susceptibles d'exploitation. En même temps que cette détermination est importante pour l'application des moyens industriels, elle est intéressante pour la science de la géologie, si intimement liée avec l'art des mines; car elle confirme le principe assez généralement reconnu, que les terrains de transition sont beaucoup plus riches en mines métalliques que les terrains primitifs, et contribue à assurer la marche du mineur dans ses recherches.

Ces mines, beaucoup moins nombreuses et beaucoup moins riches que ne l'avaient annoncé des naturalistes plus enthousiastes, consistent en six ou sept mines de fer oxidulé ou oligiste,

---

(1) Ce grès est encore un quarzite, c'est-à-dire du quarz hyalin en roche, grenu, ferrugineux, de cristallisation confuse, bien différent des grès d'agrégation. Ceux-ci appartiennent généralement aux terrains de sédiment; le quarzite est une roche des terrains primordiaux.

(*Note du Rédacteur.*)

dans les communes d'Olmetta, de Farinoles et de Venzolasca; en indices de minerai de cuivre; et en une mine de plomb argentifère, dans la commune de Prato, à l'est de Saint-Florent. Cette mine, d'après les essais faits au laboratoire de l'École royale des mines, est pauvre en plomb sulfuré, et le plomb sulfuré est pauvre en argent; enfin, en une mine d'antimoine à Erza. Toutes les prétendues mines d'or, de cobalt, de mercure sulfuré, se sont réduites, dans l'examen attentif et savant de M. Gueymard, à des roches micacées, diallagiques et ferrugineuses.

Enfin, c'est aussi à ce terrain qu'on doit rapporter plus particulièrement les calcaires saccharoïdes, ou marbres statuaires, les belles serpentines et les euphotides, connues par toute l'Europe, et de temps immémorial, sous le nom de *vert de Corse*. C'est près d'Orezza, dans un stéaschiste, que se présente cette belle roche. Nous en avons déjà fait mention en parlant des roches d'ornement des terrains primordiaux de la Corse.

§ 3. — *Terrains secondaires ou de sédiment, inférieurs et moyens.*

Un calcaire compacte, fin, gris de fumée, à cassure conchoïde, et quelquefois doué d'un peu de translucidité, analogue par conséquent à celui qu'on désigne souvent par le nom de calcaire des Alpes, recouvre les terrains intermédiaires dans quelques parties, et notamment à la tour de Farinoles, à Saint-Florent, à l'ouest de l'île, et dans quelques points que la carte fait voir. Ce calcaire est recouvert d'une autre variété de cette roche, qui est sublamellaire, blanchâtre ou jaunâtre, et qui a beaucoup de rapport avec le

calcaire du Jura, sur-tout avec celui qu'on voit très-près de la mer, dans les environs d'Antibes et de Nice, et qui renferme une si grande quantité de madrépores, qu'il semble en être entièrement composé : ce sont ces deux roches qui constituent, dans la Corse, le terrain que M. Gueymard nomme *secondaire*.

Cette formation, un peu plus étendue que la suivante, ne se présente cependant, comme on le voit, que par lambeaux.

On trouve, de la tour de Farinoles jusqu'à Saint-Florent, un chaînon de calcaire qui a près d'une lieue de large, et qui s'étend jusqu'à la mer. Les couches inclinées vers l'est montent vers la chaîne primitive ; les inférieures semblent appartenir au calcaire de transition moderne, ou terrains de sédiment inférieurs : celles du milieu ont beaucoup de rapport avec le calcaire du Jura, ou de sédiment moyen, et les supérieures ne peuvent trouver place que dans la formation la plus récente, dans les terrains tertiaires ou de sédiment supérieurs. Ces dépôts sembleraient donc n'avoir été placés l'un sur l'autre qu'à de longs intervalles, et leur réunion dans un si petit espace est fort intéressante.

M. Gueymard a trouvé sur le mont Asinao, et à une hauteur de 1823 mètres au-dessus de la Méditerranée, des roches de grès et de calcaire superposées au granite. Il a rencontré cette même formation à l'est de l'île, et il a acquis la certitude, dans sa course au-dessus de Ventiseri, que cette formation se réunissait à celle d'Asinao ; elle commençait au-dessus de Favone, près de l'embouchure du Fiumorbo, vis-à-vis Prunelli, montant vers les bains de Pietra-

Sola, passant au-dessous de Ventiseri, allant à Asinao, et descendant au-delà de Favone : il faut cependant remarquer qu'il existe des places vers Sarri, au-dessous d'Asinao, où le granite n'est pas recouvert.

C'est dans ces grès que l'on a vu le calcaire de Favone formant une couche subordonnée dans ce terrain.

Le calcaire de Cauca, qui a beaucoup de rapport avec ce dernier, ne constitue qu'un petit mont isolé, et en forme de chapeau, sur le terrain ancien.

§ 4. — *Terrain de sédiment supérieur, ou terrain tertiaire.*

Dans une île composée presque entièrement de roches et de terrains primordiaux, on ne doit pas s'attendre à trouver de grands espaces et des couches puissantes de ce dernier terrain de sédiment: aussi ne se présente-t-il, d'une manière claire et dominante, que dans un seul point, au Cap-Bonifacio, tout-à-fait à l'extrémité méridionale de l'île. Il paraît consister presque uniquement 1°. en une roche calcaire blanchâtre, composée de parties encore plus blanches que le fond, compactes, arrondies, et liées plus ou moins solidement ensemble par un ciment calcaire. Cette roche a la plus grande ressemblance avec un calcaire de la même époque de formation, qui se montre près du château de Nice, et que M. Risso a nommé marbre méditerranéen.

2°. En un macigno grossier, composé de gros grains de quarz, de feldspath rose, qui renferment des corps organisés fossiles. Ces corps

organisés offrent à la géologie un caractère zoologique d'autant plus admissible dans ce cas, qu'il s'applique à un canton peu éloigné de ceux où ces caractères sont dominans (le midi de la France, quelques revêtemens de la pente méridionale des Apennins). Ces débris organiques marins sont des huîtres et des échinites; ceux-ci appartiennent au genre clypéastre: l'une de ces espèces, non encore décrite systématiquement, est désignée ailleurs sous le nom de *Clypeaster Gueymardi*. Elle présente ceci de remarquable, qu'elle se montre abondamment sur toutes les collines subapennines de l'Italie, et notamment auprès de Sienne, dans un terrain assez semblable à celui de Bonifacio, et qu'elle semble ainsi être caractéristique des terrains de sédiment supérieurs.

M. Gueymard a indiqué ces principales sortes de terrains sur la carte départementale de la Corse. C'est d'après cette carte, et les indications locales renfermées dans son mémoire, que nous avons dressé celle qui est jointe à cet extrait, en mettant en position les mines et les roches les plus remarquables qui y sont citées. Les coupes qui sont placées sur cette même planche indiquent plutôt la succession des terrains, telle qu'on l'observe en allant de Saint-Florent à Bastia et d'Ajaccio à Ponte-di-Golo, que la véritable relation géologique de ces terrains; relation qui consiste, comme on sait, dans les inclinaisons spéciales qu'ils font voir, dans l'inclinaison générale qui en résulte, dans les chevauchemens ou recouvremens en superposition transgressive de ces terrains, et sur-tout dans l'ordre réel de leur superposition. Le temps n'a pas permis à M. Guey-

mard de reconnaître ces différentes relations si difficiles à découvrir dans les terrains primordiaux, et souvent même impossibles à voir, lorsque la forme et les autres circonstances du sol ne s'y prêtent pas. Nous avons cru cet avertissement nécessaire, pour qu'on ne regarde pas les coupes jointes à la carte comme une représentation réelle de l'ordre de superposition, etc., des différentes roches qui y sont réunies (1).

(1) La Corse a été, depuis long-temps, l'objet des espérances des personnes qui se livrent à la recherche des mines. Les résultats auxquels M. Gueymard est arrivé confirment l'idée juste que les géologues s'étaient faite d'après ces anciennes recherches, du peu de suite de la plupart des indices de minerais métalliques qui y avaient été découverts. La division principale des terrains, et le gisement des roches les plus remarquables par leurs brillantes qualités, telles que l'euphotide vert de Corse, la diabase orbiculaire, le pyroméride globaire, etc., avaient déjà été indiqués par des naturalistes dont les premiers efforts ne doivent point être oubliés. Ainsi Gensanne et M. Barral avaient figuré sur des cartes géologiques les principales divisions de terrains que M. Gueymard a fait connaître d'une manière beaucoup plus complète et plus précise. Ils avaient signalé les principales mines, sans avoir néanmoins désigné avec autant de précision et leur allure et l'époque de formation des terrains qui les renferment; et Besson, quoique minéralogiste, en nommant ces indications, n'y a presque rien ajouté. M. Rampasse, le général Michaud, M. Willot, mais sur-tout M. Mathieu, capitaine d'artillerie, ont donné des détails très-circonstanciés sur la position du porphyre globuleux de Sartène, roche décrite depuis si exactement par M. de Monteiro, sous le nom de pyroméride globaire. (*Note du Rédacteur*, Alex. B.)

SUR LA MÉTHODE

De calculer les angles des cristaux et le rapport de position de leurs faces ;

PAR M. E. MITSCHERLICH.

Un des problèmes fondamentaux de la cristallographie, est de rechercher comment à la rencontre de plusieurs faces, les unes déterminent les autres par leur situation relative, c'est-à-dire par le parallélisme de leurs arêtes, pour pouvoir ensuite calculer les angles. J'ai tâché de ramener tous les problèmes observés, ainsi que le calcul des angles, à quelques règles générales et peu compliquées. Les règles que je vais rapporter comprennent presque tout le calcul dont on a besoin en cristallographie ; les cas particuliers que j'ai omis, et qui sont très-rares, peuvent être facilement résolus par la même méthode.

Pour calculer les angles et la situation relative des plans, je me suis servi de la trigonométrie sphérique et de quelques constructions géométriques. Lorsque l'on a à déterminer la valeur des angles et le rapport de situation des faces, il est bien facile de désigner les plans d'après la méthode de MM. Haüy, Weiss, Bernhardi ou Mohs.

I. La trigonométrie sphérique enseigne à calculer, les élémens nécessaires étant donnés, le rapport des angles et des côtés d'un triangle sphérique quelconque. On peut consulter les traités élémentaires de trigonométrie sphérique pour connaître la méthode par laquelle on est parvenu à des formules pour le calcul du triangle sphérique trièdre. On divise chaque polygone sphérique en

des triangles sphériques, et on parvient par conséquent, en se servant des mêmes formules, à déterminer toutes les parties du polygone sphérique.

Les formules pour les triangles sphériques, telles qu'elles se trouvent dans les traités élémentaires, admettent une application immédiate au calcul cristallographique (1) : ceux qui connaissent cette partie des mathématiques, ne trouvent aucune difficulté en l'appliquant à ce cas particulier ; cependant j'entrerai, à cet égard, dans un peu plus de détails que je n'ai peut-être besoin de le faire.

Ordinairement, on n'a besoin que de calculer les angles trièdres isocèles, et il arrive rarement qu'on soit obligé de résoudre des triangles trièdres scalènes : ainsi le cas qui se présente le plus fréquemment est celui d'un triangle isocèle ABA′ (Pl. II, *fig.* 1re.), dans lequel l'angle A est égal à A′. On divise ce triangle en deux triangles trièdres égaux par l'arc BC, tiré perpendiculairement du point B sur l'arc AA′. L'angle que le plan COB forme avec le plan COA est par conséquent

(1) M. Haüy, et ceux de son école, ne se servent que de la trigonométrie rectiligne ; elle n'admet cependant une application que lorsque les dimensions ou les axes des formes primitives sont dans un rapport simple ; ce qui se trouve en effet dans la classe des formes primitives, que M. Haüy appelle formes limites. Dans toutes les autres formes primitives que l'on a déterminées par des instrumens qui admettent une mesure exacte, ce rapport simple ne s'est point trouvé. Les mesures de MM. Malus, Wollaston, Biot, Philipps, ont prouvé que la supposition d'un rapport simple des dimensions, dans laquelle la méthode de M. Haüy est seulement applicable, quoique toujours avec de grandes difficultés et de grands détours, n'est pas fondée sur des faits.

un angle droit. Pour calculer l'angle trièdre BCA, dans lequel C est l'angle droit, on se sert des fordules trigonométriques suivantes :

$$\cos. A = \sin. B \cos. a \ (1),$$
$$\text{tg. } a = \sin. b \text{ tg. } A \ (2),$$
$$\cos. c = \text{cotg. } A \text{ cotg. } B \ (3),$$
$$\cos. c = \cos. a \cos. b \ (4),$$
$$\sin. a = \sin. c \sin. A \ (5),$$
$$\text{tang. } a = \cos. B \text{ tg. } c \ (6).$$

Dans lesquels les côtés du triangle sont désignés par *a*, *b*, *c*, et les angles qui leur sont opposés, par A, B, C. La *fig.* 1 est un prisme oblique à base rhombe. Les trois plans M′, M″, P forment en O un triangle solide, que nous diviserons par le plan O F O′ G en deux triangles égaux. Ce nouveau plan forme, avec les plans P et M,′ un triangle trièdre, dans lequel l'angle formé par le plan P avec le plan OFO′ G, est un angle droit, que nous appellerons C. Nous appellerons *a* le côté du plan OFO′G, *b* le côté du plan P, *c* le côté du plan M′, A l'angle formé par les plans P et M, et B l'angle formé par les plans M et O F O′ G. Si nous avons déterminé par la mesure l'angle A que P fait avec M′ et celui que M′ fait avec M″ = 2 B, nous aurons

$$\cos. a = \frac{\cos. A}{\sin. B} \ (1) =$$

le cos. de l'angle formé par le plan P avec l'arête entre M′ et M″, ou avec l'axe du prisme. Il est encore évident que puisque l'angle formé par les plans P et M est un angle obtus, on doit calculer le supplément du triangle sphérique : par conséquent on aura aussi le supplément de l'angle formé par P avec l'arête *u*. Veut-on calculer le côté du plan P (c'est-à-dire, l'angle plan BOB, *fig.* 2), alors

appelons B l'angle formé par P et M, A l'angle formé par M et O F O′ G, et a la moitié de l'angle plan BOB, qui a pour mesure l'arc a, on aura :

$$\frac{\cos. A}{\sin. B} = \cos. a \ (1) =$$

le cos. de la moitié du côté du plan P. Je calculerai ensuite d'après ces formules des cristaux de deux sels, qui sont riches en plans secondaires ; c'est pourquoi je m'abstiens maintenant de donner d'autres exemples.

Les faces secondaires des cristaux forment, soit avec les plans primitifs, soit les unes avec les autres, des arêtes parallèles ; leur inclinaison et leur rapport réciproque sont déterminés par le parallélisme de ces arêtes, et on trouve, par un calcul bien simple, les angles qu'ils forment, quand les élémens nécessaires sont donnés. Je choisirai parmi les formes cristallines celles que l'on rencontre le plus souvent et qui présentent les cas les plus compliqués, c'est-à-dire le prisme oblique à base rhombe ; et je vais maintenant résoudre les problèmes qui peuvent avoir lieu.

II. Les angles que les arêtes formées par les plans qui ont résulté d'un décroissement sur les arêtes terminales tant obtuses qu'aiguës, font avec l'axe, et celui que le plan P fait avec l'axe, sont à déterminer réciproquement. (Voyez *fig.* 3 et 4.)

Les faces n', n'' proviennent d'un décroissement sur les arêtes terminales obtuses et t', t'' d'un décroissement sur les arêtes terminales aiguës : le plan P est le plan terminal du prisme (1), et en supposant que deux de ces trois parties soient

(1) Ce qui répond à la face, appelée base par M. Haüy.

connues, on ne peut déterminer la troisième que dans le cas où les arêtes formées par t'' et n' et par t' et n'', sont parallèles au plan mené par les coins EE du prisme. Prolongez les arêtes r', r'', k et c jusqu'à ce qu'elles se rencontrent en o, et elles s'y rencontreront nécessairement, puisque les arêtes r', r'' sont parallèles au plan mené par les coins EE, et que leur inclinaison à l'axe est la même, et puisque encore les arêtes k et c sont parallèles au plan mené par les coins F et O, et qu'elles sont formées par les plans n' n'' et t' t'', qui ont résulté d'une troncature des arêtes terminales aiguës et obtuses : *gh* est une des diagonales du rhombe P et *vc* est l'autre ; *oi* est l'axe du prisme. Si deux des trois angles *voi*, *oic* et *coi* ont été donnés, le problème est de trouver le troisième. La *fig.* 5 représente ce triangle, dans lequel $vi = ci$, car les diagonales d'un rhombe se divisent en deux parties égales. Donc, en tirant *vk* perpendiculairement à l'axe, prolongez *oc* à k et *oi* à s ; et menant *cp* perpendiculairement à *vk*, on aura

$$os : cp :: sk : pk ;$$

mais $cp = 2\ is$, et $pk = sk - vs$:

par conséquent

$$os : 2\ is :: sk : sk - vs.$$

Cherchons, pour cette équation, une expression trigonométrique, nous aurons, si nous appelons a l'angle $vis = oic$, c l'angle voi, et b l'angle ioc (1).

(1) Pour obtenir cette transformation, il faut considérer, pour le premier rapport, les deux triangles *vos* et *vis* ; et pour le second rapport, les deux triangles *vos* et *sok*. On a

$$\text{cotg. } c : 2 \text{ cotg. } a :: \text{tg. } b : \text{tg. } b - \text{tg. } c : : \text{cotg. } c : \text{cotg. } c - \text{cotg. } b$$

par conséquent

$$\text{cotg. } c = 2 \text{ cotg. } a + \text{cotg. } b.$$

Si le rapport de deux de ces cotangentes est donné, on trouve bien facilement leur rapport à la troisième. Par exemple, si le rapport de la cotangente *a* à la cotangente *b* est connu, et qu'on veuille savoir quel est le rapport de la cotangente *a* à la cotangente *c*, on n'a qu'à diviser les deux parties de l'équation par la cotg. *a*, et on aura

$$\frac{\text{cotg. } c}{\text{cotg. } a} = 2 + \frac{\text{cotg. } b}{\text{cotg. } a};$$

et de la même manière on trouve le rapport des cotangentes dans les autres cas.

III. Si les arêtes obtuses du prisme sont tronquées, et que le coin formé par ces nouveaux plans avec les plans latéraux soit remplacé par une face rhomboïdale, il s'agit alors, en connaissant deux des trois parties; savoir, l'inclinaison du plan P à l'axe, ou celle de l'arête formée par les plans qui remplacent les arêtes obtuses à l'axe, ou celle du rhombe à l'axe; il s'agit, dis-je, deux de ces choses étant connues, de trouver la troisième.

Les plans n', n'' (*fig.* 3) ont résulté d'une troncature des arêtes terminales obtuses du prisme, et le plan *adbe* est un rhombe. Menons les lignes *am* et *bm*, qui sont des prolongemens des lignes $s'b$ et $s''a$, puis *em* et *dm*, qui sont des prolongemens de *k* et *u*; tirons les diagonales du rhombe *ab* et *de* et la ligne *ml*.

---

pour le premier, *os* : 2*is* : : cotg. *c* : cotg. *a*; et pour le second, *sk* : *sk*. — *vs* : : tang. *b* : tang. *b* — tang. *c*. Et en mettant pour les tang. leurs valeurs en cotang., on a la proposition ci-dessus.

L'angle *lme* est égal à l'angle que le plan P fait avec l'arête *u*; car, puisque les plans n', n'' remplacent les arêtes terminales obtuses du prisme, un plan mené par $s'ms''$ est parallèle au plan P; la diagonale du rhombe est divisée par l'autre diagonale *ab* en deux parties égales *dl* et *le*.

La *fig.* 6 représente le triangle *dme* : menons *ts* parallèlement à *me*, cette ligne est par conséquent l'axe du prisme; tirons la ligne *ms* perpendiculairement sur *ts*; menons du point *m* la ligne *mt* parallèlement à *ed*, et prolongeons *lm* jusqu'à *r*: puisque $dl = le$, $lm = lr$ et $td = dr$, nous avons $ts = 2\ ds - rs$; et si nous appelons *a* l'angle formé par le plan P avec l'axe, c'est-à-dire l'angle *mrs*, *b* celui que l'arête formée par les plans qui remplacent les arêtes obtuses terminales fait avec l'axe, c'est-à-dire l'angle *mds*; et *c* l'angle formé par le rhombe avec l'axe du prisme, c'est-à-dire l'angle *eds* qui est égal à l'angle *mts*, nous aurons

$$\text{cotang. } c = 2 \text{ cotang. } b - \text{cotang. } a.$$

De cette équation, on tire, comme de la quatrième, le rapport de deux cotangentes étant donné, le rapport de la troisième à celle-là.

IV. Si les arêtes aiguës du prisme sont tronquées, et que le coin formé par ces deux plans avec les plans latéraux du prisme soit remplacé par une face rhomboïdale, deux des trois parties suivantes étant connues; savoir, l'inclinaison du plan P à l'axe; celle de l'arête formée par les plans qui ont résulté de la troncature des arêtes terminales aiguës du prisme à l'axe, ou celle du rhombe à l'axe, il s'agit de déterminer la troisième.

Les plans t', t'' (*fig.* 3) sont les plans qui ont

résulté de la troncature des arêtes terminales aiguës du prisme, et *xnqp* est le rhombe, *ny* et *qy* sont des prolongemens des lignes $s''''p$ et $s'''n$, et *qy* et *xy* des prolongemens des arêtes *f*, *u* : par conséquent l'angle que *zy* fait avec *u* est égal à celui que P fait avec *u*.

La *fig.* 7 représente le triangle *xyq*. Tirez la ligne *eg* parallèlement à *yx*, la ligne *eg* est alors l'axe du prisme; menez la ligne *yn* perpendiculairement sur *eg*, et tirez *yg* de manière qu'elle divise la ligne *qx* en deux parties égales; complétez le parallélogramme *yeqx* en menant la ligne *ye* parallèlement à *qx*, nous aurons $qz = zx$: par conséquent $gz = zy$ et $eq = qg$; par conséquent $en = 2\,qn + gn$.

Si nous appelons *a* l'angle *ygn*, qui est l'inclinaison du plan P à l'axe, *b* l'angle *yqn*, qui est l'inclinaison de l'arête formée par les plans t', t'' à l'axe, et *c* l'angle *xqn*, qui est l'inclinaison du rhombe à l'axe, nous aurons

$$\text{cotg. } c = 2 \text{ cotg. } b + \text{cotg. } a.$$

V. Si les coins EE du prisme sont tronqués, les plans qui résultent de cette troncature forment l'un avec l'autre, ou tous les deux avec le plan P, des arêtes qui sont parallèles à la diagonale oblique (1) du plan P, et ils forment avec un plan qui a résulté d'un décroissement, soit du coin F, soit du coin O, des arêtes qui sont parallèles aux arêtes que ce dernier plan fait avec les plans latéraux; c'est-à-dire que ce dernier plan est un rhombe.

---

(1) J'appelle la diagonale du plan P qui est menée de F à O, la diagonale oblique; et celle qui est menée de E à E, la diagonale horizontale.

Les plans n', n'' (*fig.* 8 et 9) ont résulté d'une troncature du coin EE, et f d'une troncature du coin F. Les arêtes formées par n', n'' et P sont parallèles à la diagonale oblique du plan P, et f est un rhombe.

On peut calculer l'inclinaison de ces plans d'après les formules trigonométriques susmentionnées ; mais comme il est nécessaire qu'on connaisse le rapport qui existe entre les formes secondaires et primitives, il vaut mieux chercher d'abord une formule pour le triangle qui mesure les décroissemens du coin E.

1. La *fig.* 10 représente un prisme oblique à base rhombe, dans lequel nous voulons déterminer le triangle mensurateur ekr, en connaissant l'inclinaison du plan M à M et du plan P à l'axe : soient l'angle formé par M et M $= 2b$ et celui formé par le plan P et l'axe $= a$. La ligne lz est perpendiculaire sur lg et iz d'après les propriétés de cette figure primitive. Cette ligne divise l'axe en deux parties égales $sp = pe$; spl est un angle droit, parce que l'axe est parallèle à l'arête u: par conséquent

$$\frac{sp}{lp} = \text{cotg. } a,$$

$$\text{et } \frac{se}{lp} = 2 \text{ cotg. } a.$$

Menons rk perpendiculairement à li et tirons ek, celle-ci sera nécessairement perpendiculaire à er et nous aurons dans le triangle kse,

$$\frac{ke}{se} = \text{sin. } a$$

$$\text{et } \frac{ke}{lp} = 2 \text{ cotg. } a \text{ sin. } a = 2 \text{ cos. } a.$$

La ligne lp est la moitié d'une des diagonales d'une section perpendiculaire aux arêtes latérales, et er est parallèle et égale à l'autre demi-diagonale de la même section : par conséquent

$$\frac{er}{lp} = \text{tg. } b$$

$$\text{et } \frac{er}{ke} = \frac{\text{tg. } b}{2 \cos. a};$$

et si nous appelons c l'angle ekr du triangle mensurateur, nous aurons

$$\text{tg. } c = \frac{\text{tg. } b}{2 \cos. a}.$$

2. Venons à présent au problème même. Soient *fig.* 8 et 9 l'inclinaison du plan f à l'axe $= d$, celle de M' à $M'' = 2b$, celle de P à l'axe $= a$, celle de n' à $n'' = 2e$, le plan f est un rhombe, et par conséquent l'angle v est égal à v'; le plan f forme avec les plans latéraux un triangle sphérique isocèle, que nous diviserons en deux triangles sphériques égaux, dans lesquels un des angles est un angle droit et l'inclinaison de f à u et celle de M' à M'' est connue : par conséquent

$$\text{tg. } \tfrac{1}{2} v' = \sin. d \,\text{tg.} b \;(\text{I}, 2).$$

Le plan f forme de même un triangle sphérique isocèle avec les plans n',n'', dans lequel nous connaissons l'angle plan v' et l'inclinaison de l'arête formée par les plans n', n'' à f, qui est égal à $a+d$: par conséquent

$$\text{tg. } e = \frac{\text{tg. } \frac{1}{2} v}{\sin (a+d)} = \frac{\sin. d \text{ tg. } b}{\sin. (a+d)}.$$

Si nous divisons cette formule par la précédente, que nous avons trouvée pour le triangle mensurateur, nous aurons

$$\frac{\text{tg. } e}{\text{tg. } c} = \frac{2 \cos. a \sin. d}{\sin. (a + d)} = \frac{2 \cos. a \sin. d}{\sin. a \cos. d + \sin. d \cos. a} \text{ (1)},$$

par conséquent

$$\frac{\text{tang. } c}{\text{tang. } e} = \frac{\sin. a \cos. d + \sin. d \cos. a}{2 \cos. a \sin. d.} =$$

$$\frac{\text{tg. } a \text{ ctg. } d}{2} + \tfrac{1}{2} = \frac{\text{cotg. } d}{2 \text{ cotg. } a} + \tfrac{1}{2};$$

par conséquent

$$\frac{\text{tang. } e}{\text{tang. } c} = \frac{2 \text{ cotg. } a}{\text{cotg. } d + \text{cotg. } a}$$

$$\frac{\text{cotg. } d}{\text{cotg. } a} = \frac{2 \text{ tang. } c - \text{tang. } e}{\text{tang. } e}.$$

3. Si le rhombe a résulté d'une troncature du coin O, la marche de la déduction est tout-à-fait la même, et la formule ne diffère de la précédente qu'en ce que cos. a de la formule précédente devient négatif, parce que l'angle a est un angle obtus; et nous avons dans ce cas

$$\frac{\text{tg. } e}{\text{tg. } c} = \frac{2 \text{ ctg. } a}{\text{cgt. } d - \text{ctg. } a},$$

et $$\frac{\text{cotg. } d}{\text{cotg. } a} = \frac{2 \text{ tg. } c + \text{tg. } e}{\text{tg. } e}.$$

(1) Car, d'après une formule connue,

$$\sin. (a \pm b) = \frac{\cos. a \cos. b \pm \sin. b \cos. a}{R}.$$

VI. Les coins E sont tronqués, et les plans qui en résultent forment des arêtes avec le plan P qui sont parallèles à la diagonale oblique de ce plan, et qui forment, avec les plans qui ont résulté d'une troncature parallèle aux arêtes obtuses ou aiguës du prisme, des arêtes qui sont parallèles au plan mené par les coins E du prisme. Ce problème, que l'on ne rencontre que très-rarement, est résolu de la même manière que les précédens. Les plans n', n'' (*fig.* 11 et 12) forment, avec le plan P, des arêtes qui sont parallèles à la diagonale oblique de ce plan, et avec les plans t', t'' qui ont résulté d'une troncature parallèle aux arêtes aiguës du prisme, ils forment les arêtes r', r'', qui sont parallèles au plan mené par les coins E. Il suit de ce rapport des plans, que l'arête formée par les plans t', t'' étant remplacée par un plan f, ce nouveau plan est un rhombe: on le conçoit facilement, si l'on dessine la figure de manière que l'arête *w* soit opposée au dessinateur et si l'on trace ensuite les plans *n* et *t*.

Je vais ajouter ici le calcul des cristaux d'arséniate à base d'ammoniaque et d'arséniate ou phosphate double à base de soude et d'ammoniaque, pour faire l'application des méthodes susmentionnées. J'ai déterminé dans l'arséniate d'ammoniaque par la mesure, les trois angles suivans,

$$P : M = 105°54'$$
$$P : f = 109°\ 6'$$
$$M : M = 85°54'$$

Il s'agit de calculer, ces trois angles étant donnés, le rapport des plans et les angles de toutes les modifications que ce sel présente.

Les plans P, M, M forment un triangle sphérique isocèle, par conséquent (form. I, 1)

log. cos. A = log. cos. 74° 6′ = 9,43769 =
log. cos. supp. P : M.

log. sin. B = log. sin. 42°57′ = 9,83338 =
log. sin. $\frac{1}{2}$ (M : M)

log. cos. a = log. cos. 66°18′ = 9,60431 =
log. cos. supp. P : u,

l'inclinaison du plan P à f = 109°6′,
et l'inclinaison du plan P à l'axe = 66°18′;

par conséquent l'inclinaison du plan f à l'axe = 42°48′.

Le plan f ayant résulté d'un décroissement sur le coin F, il est nécessaire, d'après la théorie cristallographique, que la cotangente de l'inclinaison de P à l'axe, et celle de l'inclinaison de f à l'axe soient dans un rapport simple:

log. cos. 42°48′ = 0,03338
log. cot. 66°18′ = 9,64253

0,39095

Le rapport est comme 2 : 4,92, par conséquent à-peu-près comme 2 : 5. Une erreur de quelques minutes, qui est inévitable dans les trois mesures par lesquelles nous avons obtenu ce résultat, a été la cause de cette différence.

Après avoir calculé, par cette méthode, le rapport entre les cotangentes des angles que les plans f et P forment avec l'axe, il faut déterminer les inclinaisons de ces plans avec plus de précision: on y parvient en se servant de l'inclinaison mesurée du plan P au plan f.

VII. Il s'agit de résoudre alors le problème suivant ; savoir, la somme de deux angles et le rapport de leurs tangentes ou cotangentes étant donnés, trouver les angles mêmes (voyez *fig.* 13).

$$\text{tg. } x : \text{tg. } y :: b : a$$
$$\text{ctg. } x : \text{ctg. } y :: a : b,$$

$$\text{cotg.} x + \text{cotg.} y : \text{cotg.} x - \text{cotg.} y :: a+b : a-b.$$

$$\frac{\text{cotg. } x + \text{cotg. } y}{\text{cotg. } x - \text{cotg. } y} \text{(1)} = \frac{\text{sin. } (x+y)}{\text{sin. } (y-x)} = \frac{a+b}{a-b}$$

$$\text{sin.} (y-x) = \frac{a-b}{a+b} \text{ sin. } (x+y).$$

a est dans ces cristaux $= 1$, $b = 2\frac{1}{2}$ et $x = y$ $= 109°6'$.

$$\text{log. } \frac{a-b}{a+b} = \text{log. } (-\tfrac{3}{7}) = 9{,}63202.$$
$$\text{log. sin. } 70°54' = 9{,}97541.$$
$$\text{log. sin. } y - x = 9{,}60743 = \text{log. sin. } 23°53'.$$

$$y - x = 23°53'$$
$$x + y = 109°6'$$
$$x = 66°29\tfrac{1}{2}'.$$
$$y = 42°36\tfrac{1}{2}'.$$

(1) Car, d'après une formule trigonométrique connue :

$$\text{cotg. } a + \text{cotg. } b = \frac{R^2 \sin (a+b)}{\text{sin. } a \text{ sin. } b}.$$
$$\text{cotg. } a - \text{cotg. } b = \frac{R^2 \sin (b-a)}{\text{sin. } a \text{ sin. } b}.$$

Prenons l'inclinaison du plan P à l'axe $= 66°$ $29\frac{1}{2}'$ comme angle juste, nous avons (I, 1)

$$P : M = 105°46',$$

et quant à la tangente *c*, qui est la tangente du triangle mensurateur des décroissemens du coin E, nous trouvons (V, 1)

$$\begin{array}{lll} \log.\ tg.\ b & = 9{,}96890 & = \log.\ tg.\ 42°57' \\ \log. 2 \cos.\ a & = 9{,}90188 & = \log.\ 2 \cos.\ 66°29\tfrac{1}{2}' \\ \hline \log.\ tg.\ c & = 0{,}06702. & \end{array}$$

Les plans *n* (*fig.* 8 et 9) forment des arêtes avec le plan P qui sont parallèles à la diagonale oblique de ce plan, et le plan *f* est un rhombe : nous aurons par conséquent (d'après la formule V, 2)

$$\frac{2 \text{ cotg. } a}{\text{cotg. } a + \text{cotg. } d} = \frac{\text{tg. } e}{\text{tg. } c}.$$

Le rapport des cotangentes pour l'inclinaison de P à l'axe et de *f* à l'axe, ou de cotangente *a* : cotangente *d*, étant comme $1 : 2\frac{1}{2}$, nous avons

$$\text{tg. } c : \text{tg. } e = \text{tg. } c : \text{tg. } \tfrac{1}{2}(n : n) :: 7 : 4,$$

$$\begin{array}{lll} \text{et } \log. & \text{tg. } c & = 0{,}06702 \\ + \log. & \tfrac{4}{7} & = 9{,}75696. \\ \hline \end{array}$$

Par conséquent $9{,}82398 = \log.\ tg.\ 33°42' = \log.\ tg.\ \frac{1}{2}(n : n)$ et $n' : n'' = 67°24'$.

Les plans *n* forment avec *f* un triangle sphérique isocèle, dans lequel nous connaissons l'inclinaison du plan *f* à l'arête formée par les plans *n*. Si ces plans sont prolongés, cette inclinai-

son est la même que celle de P à f, et en divisant ce triangle en deux triangles égaux, nous avons

log. cos. a = log. cos. 70°54′ = 9,51484 = log. supp. (P : f).
log. sin. B = log. sin. 33°42′ = 9,74517 = log. sin. $\frac{1}{2}$ (n' : n'').

log. cos. A = log. cos. 79°32′ = 9,25901 = log. cos. supp (n : f)

il s'ensuit l'inclinaison de n à f = 100°28′.

Nous trouvons d'après l'inclinaison du plan f à l'arête u, et de celle de M′ à M″ de la même manière (form. I, 1), l'inclinaison de f à M‴ et M⁗ = 126° 6′, et celle de f à M′ et M″ 59°54′. Le supplément de l'inclinaison du plan n sur f est = 79°32′, et par conséquent l'inclinaison du plan n sur M′ et M″ = 79° 32′ + 59° 54′ = 139° 26′.

D'après l'inclinaison du plan P à l'axe et celle du plan M′ à M″, nous déterminons l'angle plan O (form. I, 2).

log. tg. A = lg. tg. 42°57′ = 9,96890 = lg. tg. $\frac{1}{2}$ (M′ : M″).
log. sin. b = lg. sin. 66°29$\frac{1}{2}$ = 9,96237 = lg. sin. sup. (P : u).

log. tg. a = lg. tg. 40°29′ = 9,93127 = lg. tg. $\frac{1}{2}$ o.

Les plans t forment avec P un triangle sphérique isocèle, dans lequel sont connus l'angle plan O et l'angle que l'arête formée par les plans t fait avec le plan P. Ce dernier angle est le même que celui que le plan f fait avec P : cela posé, nous trouvons l'inclinaison de

P : t (I. 2) = 102°40′
t : t (I. 2) = 84°12′.

$t : M''' \text{ et } M'''' = 151^\circ 33'$.

Nous déterminons l'inclinaison de l'arête r à α en menant un plan par les coins E et un autre par les coins F et O. L'inclinaison du plan n au plan qui est mené par les coins F et O est de $33^\circ 42' = \frac{1}{2}(n : n)$, et l'inclinaison du plan P à l'axe de $66^\circ 29'\frac{1}{2}$; par conséquent (form. I, 2)

$$r : \alpha = 148^\circ 33'.$$

Nous calculons l'inclinaison de t à n de la manière suivante. L'inclinaison du plan n au plan mené par les coins F et O ($= 33^\circ 42'$), et celle du plan P à l'axe sont connues : de là, nous trouvons l'inclinaison du plan n au plan mené par les coins E' (form. I, 1) $= 77^\circ 13'$: l'inclinaison du plan t au plan mené par les coins F et O ($= 42^\circ 5'\frac{1}{2}$) et celle du plan f à l'axe étant connues, nous trouvons l'inclinaison du plan t au plan mené par les coins E (form. I, 1) $= 60^\circ 26'$; la somme de ces angles trouvés est égale à l'inclinaison du plan t au plan $n = 137^\circ 39'$. Les plans t forment avec x des arêtes qui sont parallèles aux arêtes que x forme avec les plans latéraux ; le plan x est par conséquent un rhombe, et on peut déterminer son rapport aux autres plans et les angles qu'il forme, par la méthode susmentionnée (V, 2 ; 3). On y parvient en cherchant d'abord le rapport de la tangente de $\frac{1}{2}(t' : t'')$ à la tangente de l'angle c du triangle mensurateur, pour le décroissement des coins E d'un prisme dont le plan terminal est f au lieu de P, suivant la formule :

$$\frac{\text{tg. } e}{\text{tg. } c} = \frac{2 \text{ cotg. } a}{\text{cotg. } a + \text{cotg. } d} \text{ (form. V, 2).}$$

Puisque nous avons trouvé que, dans ce sel,

$$\text{cotg. } a : \text{cotg. } d :: 5 : 2,$$

nous avons

$$\frac{\text{tang. } e}{\text{tang. } c} = \frac{10}{7}.$$

D'après cela, nous pouvons déterminer le rapport des cotangentes pour l'inclinaison du plan f à l'axe, et du plan x à l'axe (form. V, 3) : ayant trouvé tg. c : tg e :: 7 : 10, nous avons

$$\frac{\text{cotg. } d}{\text{cotg. } a} = \frac{2 \text{ tang. } c + \text{tg. } e}{\text{tg. } e} = \frac{24}{10}.$$

Connaissant le rapport de ces deux cotangentes, nous avons

$$\begin{aligned} \text{log. cotg. } (f \text{ à l'axe}) &= \text{log. cotg. } 42^\circ 36' \tfrac{1}{2} \\ &= 0{,}03656 \\ + \text{log. } \tfrac{12}{5} &= 0{,}38021 \\ \hline \text{log. cotg. } (x \text{ à l'axe}) &= \text{log. cotg. } 20^\circ 57' \tfrac{1}{2} = \\ &\quad 0{,}41677 : \end{aligned}$$

par conséquent $x : u = 159^\circ 2' \tfrac{1}{2}$
$x : f = 158^\circ 21'$.

On trouve l'inclinaison des plans M''' et M'''' et des plans t' et t'' à x, en divisant les triangles sphériques isocèles que ces plans forment avec x en deux triangles égaux; savoir,

$x : t = 128^\circ 32'$
$x : M'''$ et $M'''' = 129^\circ 31'$.

J'ai déjà suffisamment fait connaître l'usage des formules pour le triangle sphérique isocèle, je veux maintenant rapporter quelques exemples

où l'inclinaison des plans est déterminée par le parallélisme des arêtes qu'ils forment.

J'ai déterminé par la mesure

$$\begin{aligned} M : M &= 38^\circ 44' \\ P : \text{l'axe} &= 80^\circ 42' \tfrac{1}{2} \\ f : \text{l'axe} &= 63^\circ 51' \tfrac{1}{2}. \end{aligned}$$

P est le plan terminal primitif, les plans t remplacent les arêtes terminales aiguës, et f est un rhombe.

Soient l'inclinaison du plan P à l'axe $= a$, celle du rhombe à l'axe $= c'$, et celle de l'arête formée par les plans t à l'axe $= b$: puisque, d'après la mesure cot. a : cot. c :: cot. $80^\circ 42' \frac{1}{2}$: cot. $63^\circ 51' \frac{1}{2}$ :: 1 : 3,

nous avons

$$\frac{\text{cotg. } b}{\text{cotg. } a} = \frac{\text{cotg. } c - \text{cotg. } a}{2 \text{ cotg.}} = 1 :$$

l'arête formée par les plans t fait par conséquent le même angle avec l'axe que le plan P, c'est-à-dire $80^\circ 42' \frac{1}{2}$. Les plans t forment avec P un triangle isocèle, dans lequel sont connus l'angle du plan P que l'on trouve de l'inclinaison de P à l'axe et de M à M, et l'angle que l'arête formée par les plans t fait avec P ($= 80^\circ 42' \frac{1}{2} + 80^\circ 42' \frac{1}{2} = 161^\circ 25'$) : de là, on trouve l'inclinaison du plan t à t et celle du plan t à P et à M.

On trouve l'inclinaison de f à t en divisant le triangle sphérique isocèle formé par les plans t et f en deux triangles égaux ; l'inclinaison de l'arête formée par les plans t au plan f est $163^\circ 9'$ ($= 99^\circ 17' \frac{1}{2} + 63^\circ 51' \frac{1}{2}$), et nous venons de trouver l'inclinaison du plan t à t.

Les plans t ont résulté d'une troncature des arêtes terminales aiguës, et les plans n d'une troncature des arêtes terminales obtuses; les arêtes que les plans t forment avec les plans n sont parallèles au plan mené par les coins E du prisme: nous aurons par conséquent, si nous appelons l'inclinaison du plan P à l'axe a, celle de l'arête formée par le plan t à l'axe b, et celle de l'arête formée par le plan n à l'axe c (II),

$$\frac{\text{cotg. } c}{\text{cotg. } a} = \frac{2 \text{ cotg. } c + \text{cotg. } b}{\text{cotg. } a} = 3,$$

et log. cotg. $80^\circ 42' \frac{1}{2}$ = 9,21380
log. 3 = 0,47712

log. cotg. $63^\circ 51' \frac{1}{2}$ = 9,69092 = log. cotg. c.

Les plans P et n forment un triangle sphérique, dans lequel on trouve l'angle plan de la face P de l'inclinaison de P à l'axe et de M à M, et dans lequel l'inclinaison du plan P à l'arête formée par les plans n est de $163^\circ 9'$ ($= 99^\circ 17 \frac{1}{2} + 63^\circ 51' \frac{1}{2}$). Les plans n ont résulté d'une troncature parallèle aux arêtes terminales obtuses du prisme, dont P est la face terminale primitive, et g est un rhombe: si nous appelons l'inclinaison du plan P à l'axe a celle de l'arête formée par les plans n à l'axe b et celle du rhombe à l'axe c, nous aurons

$$\frac{\text{cotg. } c}{\text{cotg. } a} = \frac{2 \text{ cotg. } b - \text{cotg. } a}{\text{cotg. } a} = 5:$$

par conséquent
log. cotg. $80^\circ 42' \frac{1}{2}$ = 9,21380
log. 5 = 0,69897

log. cotg. $50^\circ 43'$ = 9,91277 = cotg. c,

on trouve l'inclinaison du plan *n* à *g* et *g* à M de la manière susmentionnée.

Je vais ajouter ici quelques formules, afin qu'on puisse déduire des rapports trouvés les signes employés par M. Haüy.

Soit le rapport de la cotangente de l'angle que le plan P fait avec l'axe à celle qu'un plan qui résulte d'un décroissement sur le coin F ou O, comme I : x, on désignera, dans le premier cas, le nouveau plan $\underset{F}{\frac{2}{x+1}}$; et dans le dernier $\underset{O}{\frac{2}{x-1}}$.

Si la cotangente de l'angle que le plan P fait avec l'axe est en rapport comme 1 : x à la cotangente de l'angle qu'une arête formée par deux plans qui ont résulté d'un décroissement sur les arêtes aiguës (B) ou obtuses (D) du prisme fait avec l'axe, nous désignerons, dans le premier cas, les nouveaux plans $\underset{B}{\frac{1}{x+1}}$, dans le dernier $\underset{D}{\frac{1}{x-1}}$.

Si deux plans ont résulté d'un décroissement sur le coin E, nous désignerons les nouveaux plans $\overset{x}{E}$, si la tangente *c* du triangle mensurateur est à la tangente de la moitié de l'angle que ces deux nouveaux plans font l'un avec l'autre en rapport comme 1 : x.

Si le rapport de la tangente de la moitié de l'arête H ou G, est à la tangente de la moitié d'un biseau placé sur l'arête H ou G comme I : x, on désignera, dans le premier cas, les faces du biseau

$$\frac{x+1}{x-1}\;{}_{H}\;\frac{x+1}{x-1},$$

et dans le dernier

$$\frac{x+1}{x-1}\ \mathrm{G}\ \frac{x+1}{x-1}.$$

On désigne la troncature tangente de l'arète H : 'H', et celle de 'G'.

Il me reste encore à montrer avec quelle facilité on peut employer ma méthode à calculer à tous les autres systèmes cristallins.

Soit (*fig.* 14) un octaèdre régulier, un octaèdre à base carrée ou un octaèdre à base rhombe. Menons par les arêtes *r*,*u* et *w*,*x* deux plans, et menons le plan *cvs* de manière qu'il fasse avec la face *h* un angle droit : dans ce cas l'angle *svd* que ce dernier plan fait avec le plan qui est mené par les arêtes *w* et *x* est le complément de l'angle *vds:* d'après cela on voit que lorsqu'on connaît deux angles qui sont indépendans l'un de l'autre, on peut calculer tous les autres d'après les formules pour le triangle sphérique, dans lequel un des angles est un angle droit.

Tous les cas où l'inclinaison est déterminée par le parallélisme des arêtes sont résolus d'une manière très-simple dans les cristaux qui ont pour forme primitive une de celles dont nous nous sommes occupé. Un seul cas peut-être a besoin d'explication ; savoir, celui où les plans terminaux sont *droitement* mis sur les plans latéraux, et lorsque le coin que les plans terminaux forment avec les plans latéraux est remplacé par un plan qui est un rhombe. Soient les plans *n* ou *t droitement* mis sur les plans M (*fig.* 3), l'angle *a* (form. III et IV) est alors un angle droit, et la cotangente $a = o$:

par conséquent,

cotg. $c = 2$ cot. b — cotg. $a = 2$ cotg. b (form. III),

cotg. $c = 2$ cot. b + cotg. $a = 2$ cotg. b (form. IV).

La cotangente de l'inclinaison de l'arête formée par les plans n ou t, est alors en rapport à celle de l'inclinaison du rhombe à l'axe comme 1 : 2.

Je veux ici ajouter le calcul des angles du biarséniate ou biphosphate de soude.

J'ai trouvé, par la mesure,

$$M' : M'' = 78^\circ 30'$$
$$P : P' = 126^\circ 52',$$

et d'après la formule I, 6,

log. cos. B = 9,80120 = log. cos. 50°45' = l'ang. *svd* (*fig.* 14)
tg. c = 0,30100 = log. tg. 63°26' = l'angle *dcv*,
tg. a = 0,10220 = log. tg. 51°41 = l'angle *scv* :

par conséquent

$$n' : n'' = 103^\circ 22'$$
$$n : M = 128^\circ 19';$$

et d'après la formule I, 3,

log. cos. c = 9,65054 = log. cos. 63°26' = l'angle *dcv*
lgo. cos. B = 9,91224 = log. cot. 50°45' = l'angle *svd*
log. cot. A = 9,73830 = log. cot. 61°18' =

l'inclinaison du plan h au plan *dvc* = $\frac{1}{2}$ ($n' : n''$):
par conséquent

$$n : n = 122^\circ 36'$$
$$n : P = 151^\circ 18'.$$

Le plan b, qui remplace le coin formé par les plans n, n et M, M, est un rhombe : nous avons par conséquent

log. (cotg. P : l'axe) = 9,69600 = log. cotg. 63°26'
log. 2 = 0,30103

log. cotg. (b : l'axe) = 0,00003 = log. cotg. 90°.

Tableau des formules cristallographiques les plus usitées.

I. $\cos. A = \sin. B . \cos. a$ (1).
$\mathrm{tg}. a = \sin. b \; \mathrm{tg}. A$ (2).
$\cos. c = \mathrm{cotg}. A \; \mathrm{cotg}. B$ (3).
$\cos. c = \cos. a \cos. b$ (4).
$\sin. a = \sin. c \sin. A$ (5).
$\mathrm{tg}. a = \cos. B \; \mathrm{tg}. c$ (6).

II. $\mathrm{ctg}. c = 2 \; \mathrm{ctg}. a + \mathrm{ctg}. b.$
III. $\mathrm{ctg}. c = 2 \; \mathrm{ctg}. b - \mathrm{ctg}. a.$
IV. $\mathrm{ctg}. c = 2 \; \mathrm{ctg}. b + \mathrm{ctg}. a.$

V. $$\mathrm{tg}. c = \frac{\mathrm{tg}\, b}{2 \cos. a} \text{ (1).}$$

$$\frac{\mathrm{tg}. e}{\mathrm{tg}. c} = \frac{2 \; \mathrm{ctg}. a}{\mathrm{ctg}. d + \mathrm{ctg}. a} \text{ (2).}$$

$$\frac{\mathrm{ctg}. d}{\mathrm{ctg}. a} = \frac{2 \; \mathrm{tg}. c - \mathrm{tg}. e}{\mathrm{tg}. e} \text{ (2).}$$

$$\frac{\mathrm{tg}. e}{\mathrm{tg}. c} = \frac{2 \; \mathrm{ctg}. a}{\mathrm{ctg}. d - \mathrm{ctg}. a} \text{ (3).}$$

$$\frac{\mathrm{ctg}. d}{\mathrm{ctg}. a} = \frac{2 \; \mathrm{tg}. c + \mathrm{tg}. e}{\mathrm{tg}. e} \text{ (3).}$$

VII. $$\sin. (x - y) = \frac{a - b}{a + b} \sin. (x + y).$$

CHIMIE. (EXTRAITS DE JOURNAUX.)

1. *Du développement de l'électricité par le contact de deux portions d'un même métal dans un état suffisamment inégal de température. Des effets électriques qui se développent pendant diverses actions chimiques*; par M. Becquerel, *ancien chef de bataillon du génie.* (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 135 et 244.)

Les deux bouts d'un fil métallique, dans un état suffisamment inégal de température, se constituent, par leur contact mutuel, dans deux états électriques contraires.

Dans un fil métallique, lorsque les deux bouts sont inégalement attaqués par un acide, l'état d'équilibre des deux électricités de ce fil est dérangé; le bout qui est le plus attaqué, soit parce qu'il a été plongé dans l'acide avant l'autre, soit parce qu'on l'y a enfoncé sur une plus grande longueur, est celui qui prend l'électricité positive.

M. Davy a avancé que les substances qui se combinent sont celles qui manifestent des états électriques opposés par leur contact mutuel; mais on voit, d'après ses propres expériences, que c'est par induction qu'il a étendu cette propriété à tous les corps qui exercent des actions chimiques les uns sur les autres : car, par exemple, il n'a pu la vérifier sur les substances alcalines et acides, que lorsque celles-ci sont parfaitement sèches; dans tous les autres cas, les résultats ont été nuls. En employant un galvanomètre multiplicateur, qui rend sensibles les électricités au mo-

ment même où elles se dégagent, j'ai trouvé, en mettant en contact diverses substances susceptibles de se combiner, qu'il se produit des courans plus ou moins forts, suivant le degré de conductibilité des substances mises en action, et celui de leurs affinités chimiques. Voici l'appareil : à l'une des extrémités du fil de platine du galvanomètre, je place une petite cuiller aussi en platine, destinée à recevoir une des substances, par exemple, l'acide; à l'autre bout du fil, on adapte une pince de même métal, et c'est entre ses branches que l'on place l'autre corps. Dans le cas où le platine exerce une action électro-motrice sur ce corps, on place entre les deux un morceau de papier mouillé. Il est souvent fort commode aussi d'envelopper ce corps dans un petit morceau de baudruche humecté.

Maintenant, fixons dans la pince de platine un morceau de potasse ou de soude caustique, en l'humectant légèrement d'eau: au moment où l'alcali touchera l'acide, il y aura un courant électrique énergique, qui ira de l'acide à l'alcali, en suivant le circuit. Ainsi, au moment du contact de ces deux corps, l'acide s'enveloppe d'une électricité positive, et l'alcali s'enveloppe d'une électricité négative. Le courant électrique est si fort, qu'on peut l'observer sans galvanomètre ; il suffit de présenter le fil conjonctif d'une aiguille suspendue à un fil de platine.

Si on remplace l'alcali par un métal sur lequel l'acide puisse agir, les mêmes effets se manifestent.

Si l'on verse dans la cuiller de platine une dissolution de potasse caustique, et si l'on fixe sur la pince de l'oxide de zinc, de l'alumine, ou de

l'oxide de plomb nouvellement précipité d'une dissolution par la potasse, au moment du contact l'aiguille sera déviée de sa direction, et le courant électrique qui s'établira ira de l'oxide à l'alcali: ainsi, dans ces sortes de combinaisons, les oxides se comportent donc comme les acides, et les alcalis s'entourent d'une atmosphère d'électricité négative.

En faisant agir le sulfate de fer sur une infusion de noix de galle, il se développe un faible courant, qui va de l'infusion au sulfate.

Dans l'action du sulfate de fer sur le prussiate de potasse, le courant va du premier au second.

En prenant des sels parfaitement neutres, par exemple, du sulfate de magnésie en dissolution, et le mettant en contact avec de la potasse caustique, il y aura un faible courant qui ira du sel à l'alcali, et celui-ci s'enveloppera d'électricité négative.

En faisant agir du nitrate de baryte sur l'acide sulfurique, le courant ira en sens inverse.

Dans les précipités qui résultent d'une double décomposition, comme celui qui a lieu quand on traite du sulfate de soude parfaitement neutre par le nitrate de baryte également neutre, il m'a été impossible de reconnaître la moindre apparence de courant.

Pendant la dissolution d'un corps dans l'eau distillée et parfaitement pure, ou dans l'alcool également très-pur, il ne se produit pas d'électricité; mais si l'eau ou l'alcool renferme la moindre trace d'un acide ou d'un alcali, il y a aussitôt manifestation sensible d'électricité.

---

2. *De l'état de l'électricité développée, pendant les actions chimiques, dans les actions capillaires et dans les dissolutions*; par M. Becquerel, *ancien chef de bataillon du génie.* (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 192 et 337.)

En combinant entre eux plusieurs galvanomètres de Schweigger d'une manière convenable (*voyez* le mémoire), M. Becquerel est parvenu à rendre sensibles les plus faibles courans électriques. C'est à l'aide de cet instrument qu'il a constaté les actions électriques qui ont lieu dans le phénomène de la capillarité, dans la dissolution, etc.

Quand on plonge une éponge de platine ou du charbon bien sec dans un acide plus ou moins étendu, il se produit un courant électrique qui va de l'acide au platine ou au charbon, c'est-à-dire dans un sens opposé à celui qui aurait lieu si le platine et le charbon étaient attaqués par l'acide.

D'ailleurs, le contact des solides avec les liquides, lorsqu'il n'est suivi d'aucune action chimique, ne présente aucun phénomène électrique susceptible d'être remarqué.

Dans les dissolutions de l'acide nitrique et de l'acide sulfurique dans l'eau, il y a un courant électrique qui va de l'acide à l'eau; au contraire, dans la dissolution des acides muriatiques et des acides faibles, le courant va de l'eau à l'acide.

Dans la dissolution des alcalis, le courant va de l'eau à l'alcali : l'eau agit donc, dans ce cas, comme un acide.

Dans la dissolution des sels neutres, il y a aussi

des courans électriques; mais ils sont en général très-faibles.

Lorsque l'on mélange deux acides, les effets sont variés, parce qu'ils se compliquent de l'action de ces mêmes acides sur l'eau : le résultat prouve que l'action propre des acides les uns sur les autres est faible.

En partant de ce principe que lorsqu'un acide agit inégalement sur chaque bout d'un fil métallique, le courant électrique va du bout le plus attaqué à l'autre, c'est-à-dire que l'électricité positive part du premier, on peut comparer entre elles les énergies électriques qui se manifestent pendant diverses combinaisons, et trouver par là une mesure du moins approximative de l'affinité. Prenons deux fils de platine que nous ferons aboutir l'un et l'autre dans deux petites capsules remplies de mercure, communiquant elles-mêmes avec les extrémités du fil du galvanomètre; fixons ensuite à l'extrémité de ces fils, au moyen de pinces aussi en platine, deux petits fragmens de substances différentes, qui n'exercent aucune action électro-motrice sur le métal; faisons-leur toucher en même temps l'acide, de manière que le nombre de points de contact soit à-peu-près le même, le courant électrique qui se manifestera ira de la substance qui a éprouvé la plus forte action de la part de l'acide à l'autre.

On trouve, par ce moyen, que l'ordre suivant lequel les bases sont classées a quelque rapport avec celui des affinités chimiques, tel qu'il est connu.

Il est à remarquer aussi que le cuivre et le zinc, plongés en même temps dans un acide et ne communiquant ensemble que par l'intermédiaire

d'une dissolution alcaline, donnent lieu à un courant électrique très-énergique, qui va du zinc au cuivre. Ce résultat donne la clef de l'influence de l'action chimique sur la charge de la pile de Volta : en effet, plongeons dans un acide un couple voltaïque, et mettons en contact les deux disques, que va-t-il arriver ? Deux courans dans le même sens. Le premier sera dû à l'action électro-motrice des deux métaux l'un sur l'autre, et le second, à la différence des actions chimiques de l'acide sur les mêmes métaux : les effets de ces deux courans s'ajouteront donc.

---

3. *Rapport entre la forme cristalline et les proportions chimiques;* par M. E. Mitscherlich. (Ann. de Ch., t. XIV, p. 172, t. XIX, p. 145.)

(Résumé fait par l'auteur.)

La recherche du rapport qui existe entre la matière et la forme est une des plus importantes de la physique et de la chimie : la forme étant le résultat de l'arrangement moléculaire, cette recherche embrasse les dernières questions que l'on puisse faire sur la nature de la matière ; et comme le rapport entre la forme et la matière a servi de base aux systèmes de minéralogie, cette recherche a encore une utilité secondaire. On a publié, dans ces dernières années, un grand nombre de faits qui, d'une part, sont contraires aux opinions admises jusqu'ici, et d'une autre, s'accordent parfaitement entre eux et avec les recherches faites dans les autres branches de la physique et de la chimie ; nous choisirons quelques-uns de ces faits, et nous les expose-

rons ici, pour que le lecteur puisse fixer son opinion sur cette discussion.

Les arséniates et les phosphates ont les plus grands rapports quant à leurs caractères chimiques; ces deux genres de sels se copient exactement; il n'est pas un seul arséniate qui n'ait un phosphate analogue et composé de la même manière. Dans le bi-arséniate et le biphosphate de potasse, l'oxigène de la base est à l'oxigène de l'acide : : 1 : 5, et à l'oxigène de l'eau : : 1 : 2. La forme primitive de ces deux sels est un octaèdre à base carrée, dans lequel un plan fait, avec le plan qui est situé de l'autre côté de l'axe, un angle de 93°, 36′. Dans l'arséniate et le phosphate de soude, l'oxigène de la base est à l'oxigène de l'acide : : 1 : $2\frac{1}{2}$, et à l'oxigène de l'eau : : 1 : 12; la forme primitive de ces sels est un prisme oblique à base rhombe, dans lequel les faces latérales font un angle de 67°, 50′, et la face terminale avec l'axe du prisme, un angle de 58°, 30′. Dans le bi-arséniate et le biphosphate de soude, l'oxigène de la base est à l'oxigène de l'acide : : 1 : 5, et à l'oxigène de l'eau : : 1 : 4; la forme primitive de ces deux sels est un octaèdre rectangulaire, dans lequel M et M forment un angle de 78°, 30′, et P et P un angle de 126°, 53′. Dans le bi-arséniate et le biphosphate d'ammoniaque, l'oxigène contenu dans une quantité d'une base équivalente à l'ammoniaque, est à l'oxigène de l'acide : : 1 : 5, et à l'oxigène de l'eau : : 1 : 3. La forme primitive de ces sels est un octaèdre à base carrée, dans lequel un plan fait, avec le plan situé de l'autre côté de l'axe, un angle de 89°, 35′. Dans les sels doubles que la potasse et la soude forment avec l'acide phosphorique et avec l'a-

cide arsénique, les bases contiennent une quantité égale d'oxigène, et la somme de l'oxigène des bases est à l'oxigène de l'acide : : 1 : 2½ et à l'oxigène de l'eau : : 2 : 17 ; la forme primitive de ces sels est un prisme oblique à base rhombe, dans lequel les faces latérales font un angle de 78°,40', et la face terminale avec l'axe, un angle de 83°. 39'. Dans les sels doubles que la soude et l'ammoniaque forment avec l'acide arsénique et l'acide phosphorique, le rapport de composition est le même que dans les sels doubles de potasse, en remplaçant cet alcali par une quantité équivalente d'ammoniaque, et l'oxigène des bases est à l'oxigène de l'eau : : 1 : 5 ; la forme primitive de ces sels est un prisme oblique à base rhombe, dans lequel les faces latérales font entre elles un angle de 38°, 44', et la face terminale avec l'axe, un angle de 80°, 42' (1).

---

(1) En prenant pour poids des atomes des acides arsénique et phosphorique, et des bases, ceux qui ont été déterminés par M. Berzélius, on trouve que les douze sels dont il vient d'être question sont composés comme il suit :

	Bi-arséniate de potasse.	Biphosphate de potasse.
Potasse	0,2616	0,3456
Acide	0,6389	0,5226
Eau	0,0997	0,1318

	Arséniate de soude.	Phosphate de soude.
Soude	0,1588	0,1780
Acide	0,2929	0,2031
Eau	0,5484	0,6189

	Bi-arséniate de soude.	Biphosphate de soude.
Soude	0,1713	0,2256
Acide	0,6316	0,5149
Eau	0,1971	0,2555

Chacun de ces six phosphates a la même composition, la même forme, les mêmes angles que l'arséniate qui lui correspond, et il présente même des faces secondaires semblables. Les arséniates et les phosphates de plomb qui se trouvent dans la nature, ont entre eux la même analogie de composition et de cristallisation.

L'acide arsénique et l'acide phosphorique ont une composition atomique différente de celle des autres acides : ils contiennent cinq atomes d'oxigène pour un atome de radical; cette composition influe sur celle des arséniates et des phosphates. La similitude de composition de ces sels, et l'identité parfaite qui existe dans leurs formes cristallines, jointes aux résultats généraux de la loi des proportions définies, et aux notions qu'un grand nombre de phénomènes physiques nous ont données sur la nature de la matière, portent à penser que l'identité de forme résulte de l'égalité du nombre des atomes constituans, et que la forme en général est déterminée par le nombre

	Bi-arseniate d'ammoniaque.	Biphosphate d'ammoniaque.
Ammoniaque	0,1944	0,2586
Acide	0,6528	0,5380
Eau	0,1528	0,2034

	Arsén. de potasse et de soude.	Phosph. de potasse et de soude.
Sel de potasse	0,3024	0,2738
Sel de soude	0,2665	0,2212
Eau	0,4411	0,5050

	Arsén. de soude et d'ammoniaq.	Phosp. de soude et d'ammoniaq.
Sel de soude	0,3504	0,3193
Sel d'ammoniaque	0,2951	0,2519
Eau	0,3545	0,4286

des atomes et leur juxta-position, et est indépendante de leur nature chimique. Cependant, la différence des formes cristallines n'indique pas nécessairement des nombres d'atomes différens.

On a déterminé le nombre d'atomes dont se composent un grand nombre de combinaisons; mais il reste de l'incertitude à l'égard de plusieurs; on ne sait pas si l'on doit les multiplier ou les diviser par un nombre entier. Ainsi l'acide arsénique et l'acide phosphorique contiennent le même nombre d'atomes d'oxigène pour un atome de radical; mais si l'on compare les arséniates ou les phosphates avec les nitrates, qui paraissent avoir la même constitution, on trouve que leurs formes cristallines sont incompatibles. Cela peut tenir à deux causes différentes : 1°. à ce que les acides arsénique et phosphorique contiennent deux ou quatre atomes de radical pour cinq atomes d'oxigène, tandis que dans l'acide nitrique, il n'y a qu'un atome de radical pour cinq atomes d'oxigène; 2°. ou à ce que la juxta-position des cinq atomes d'oxigène et du radical s'est faite d'une manière différente dans les acides arsénique et phosphorique que dans l'acide nitrique. Ce sont ces réflexions générales qui ont conduit à la connaissance des faits dont nous allons parler.

On a étudié les acides, les oxides et la plus grande partie des sels simples et des sels doubles qui cristallisent, et cette étude a mené au même résultat que pour les arséniates et les phosphates. On a trouvé que si une base forme avec un acide un sel qui ait la même forme que cet acide combiné avec une autre base, ces bases, en se combinant avec un autre acide quelconque, produisent deux sels de forme identique, lorsque toutefois

ces sels sont au même degré de saturation, et renferment le même nombre d'atomes d'eau de cristallisation. C'est ainsi que l'oxide de zinc et la magnésie, dont les sulfates ont la même forme, produisent, avec l'acide sulfureux, des sels qui cristallisent l'un comme l'autre.

Quand deux composés qui ont un élément commun ont la même forme, les autres élémens pris isolément ont également une forme commune; et réciproquement deux corps de même forme, en se combinant avec un élément commun, produisent des composés de forme identique.

L'examen des sels a fait partager les oxides en plusieurs classes, sous le rapport de leur forme cristalline. Parmi les oxides à deux atomes d'oxigène, la chaux, la magnésie, les protoxides de fer, de manganèse, de cobalt et de nickel, le deutoxide de cuivre, les oxides de zinc et de cadmium, forment une classe : la baryte, la strontiane et l'oxide de plomb forment une autre classe. Les sels des oxides de la première classe, qui sont isomorphes entre eux, ont des formes incompatibles avec les formes des sels du même genre de la seconde classe : cependant tous les caractères chimiques qui forcent à admettre un atome de métal pour deux atomes d'oxigène dans les oxides d'une de ces classes, sont les mêmes pour les oxides de l'autre classe. Nous avons ici l'exemple du cas où la juxta-position des molécules produit une différence dans la forme : il est à présumer que si des circonstances déterminaient dans les sels d'une classe un changement dans la juxta-position, ils prendraient la forme cristalline des sels de l'autre

classe. Voilà ce qui a lieu en effet pour le carbonate de chaux, qui, comme spath calcaire, appartient à une classe, et, comme arzagonite, à l'autre.

Si l'arrangement des molécules était tout-à-fait indépendant de l'affinité chimique, de la capacité pour la chaleur, et en général de toutes les influences qui peuvent résulter de la nature de la matière, on conçoit que les corps isomorphes auraient non-seulement les mêmes joints et les mêmes modifications, mais encore rigoureusement les mêmes angles. Mais si la matière exerce une certaine influence qui dépende de sa nature, il pourra en résulter une petite variation dans le rapport des axes des cristaux, et par conséquent dans les angles. Quoi qu'il en soit, cette variation n'existera pas dans les cristaux symétriques dans lesquels les axes sont égaux; elle ne portera que sur la longueur de l'axe principal dans le prisme hexaèdre et dans le rhomboïde, tandis que les trois autres axes resteront toujours égaux entre eux : c'est ainsi que l'observation nous présente effectivement les phénomènes. L'angle de la forme cristalline varie dans une même substance jusqu'à un certain point, et cette variation dépend des circonstances qui concourent à la formation de la substance. Par exemple, on peut, en ajoutant un excès d'acide à la dissolution du bi-arséniate de potasse, qui se présente ordinairement sous la forme de prismes carrés terminés par quatre plans, non-seulement changer les angles des faces terminales, mais même rendre courbes les faces latérales. Cette variation des angles est quelquefois plus grande et constante dans les corps iso-

morphes, sur-tout lorsque leur forme cristalline s'éloigne beaucoup du système régulier. Les arséniates et les phosphates en offrent un exemple : l'arséniate et le phosphate d'ammoniaque, qui cristallisent de la même manière, donnent une différence de plus d'un degré dans les angles. On rencontre cette différence dans les angles, dans plusieurs combinaisons naturelles, entre autres, dans le carbonate de chaux et dans les carbonates qui ont pour bases des oxides isomorphes avec la chaux; comme aussi dans les carbonate et sulfate de baryte et les carbonates et sulfates qui ont pour bases des oxides isomorphes avec la baryte. Pour chaque classe, les joints qui déterminent la forme primitive, les faces secondaires, et beaucoup de caractères physiques, sont absolument les mêmes; seulement il y a dans les angles une différence qui est en général très-peu considérable, mais qui, dans le carbonate de chaux et le carbonate de magnésie, va jusqu'à 2°17'. Cette différence ne suppose pas que les molécules constituantes ne sont pas isomorphes : elles proviennent probablement de ce que la nature des molécules constituantes n'est pas la même dans la direction de chaque axe des cristaux. Il y a, dans toutes les classes de corps isomorphes, des exemples qui viennent à l'appui de cette supposition : l'oxide de plomb et la strontiane produisent, en se combinant avec plusieurs acides, des sels qui n'ont pas la même forme que les sels de baryte du même genre. Si cette différence n'était pas due à une force modifiante, mais provenait de ce que les bases ne sont pas

5. *Sur la production artificielle des minéraux cristallisés*; par M. E. Mitscherlich. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 355.)

J'ai observé en Suède, à Fahlûn et à Garpenberg, et dans différentes usines de l'Allemagne, des scories cristallisées qui possèdent les mêmes formes et la même composition que certains minéraux naturels; j'en possède maintenant plus de quarante variétés : par exemple, le sous-silicate de protoxide de fer; le silicate de protoxide de fer; celui de protoxide de fer et de chaux; celui de magnésie et de chaux (ces silicates ont la même forme primitive et les mêmes formes secondaires que le péridot); le bisilicate de protoxide de fer; celui de protoxide de fer et de chaux; ceux de magnésie et de chaux, qui proviennent de différens hauts-fourneaux : ils ont la même forme primitive et les mêmes formes secondaires que le pyroxène; le trisilicate de chaux; le protoxide de cuivre; l'oxide de zinc; le deutoxide de cuivre; le fer oxide (*ferroso-fernicum*); le sulfure de fer, de zinc, de plomb; l'arséniure de nickel, etc.

Péridot. Le silicate de protoxide de fer, qui joue un grand rôle dans le traitement des minerais de cuivre et dans l'affinage de la fonte de fer, se trouve souvent en cristaux bien prononcés : j'ai trouvé ces cristaux composés de :

	Travail du cuivre.	Affinage de la fonte.
Silice.	0,3093	0,3106
Protoxide de fer. .	0,6907	0,6734
Magnésie.		0,0065
	1,000	0,9905

Des cristaux qui s'étaient formés dans un haut-

fourneau contenaient jusqu'à 0,12 de magnésie; mais leur composition était telle, qu'il y avait autant d'oxigène dans la silice que dans la magnésie et le protoxide de fer réunis.

Ces cristaux ont tous exactement la même forme primitive que le péridot, c'est-à-dire un prisme droit rectangulaire; cette forme est donc celle des silicates des bases à deux atomes d'oxigène.

Pyroxènes.

A mon arrivée à Paris, M. Berthier a bien voulu me montrer les résultats d'un grand nombre de recherches qu'il a faites sur la fusibilité des silicates. Quelques-uns de ces silicates étaient cristallisés et avaient les mêmes formes cristallines, les mêmes angles et les mêmes caractères extérieurs essentiels que les minéraux qui ont une composition chimique analogue. M. Berthier, pour citer quelques exemples, a fondu dans un creuset de la silice, de la chaux et de la magnésie, dans la proportion nécessaire pour en faire un bisilicate, dans lequel la quantité d'oxigène dans la chaux et dans la magnésie fût la même; et dans une autre expérience, il a fondu les mêmes substances dans une telle proportion, que l'oxigène de la magnésie fût à l'oxigène de la chaux comme deux est à un. Ces deux expériences ont donné des pyroxènes dont nous trouvons les correspondans dans la nature: le premier est le pyroxène ordinaire; le second se trouve en Finlande, et a été analysé par M. Nordenskiold. Les cristaux de silicate de manganèse, que je n'avais pas encore observés, obtenus par M. Berthier en fondant du carbonate de manganèse avec de la silice, sont sur-tout très-remarquables; les cristaux de cette combinaison sont très-bien pronon-

cés, et les mêmes que ceux du silicate de fer et que ceux du péridot.

Mica. Parmi les anciennes scories qu'on trouve aux environs du château de Garpenberg (Suède), il y en a qui présentent absolument tous les caractères du mica. Elles forment une masse homogène, composée de paillettes lamelleuses de 2 et 5 lignes de côté, demi-transparentes et très-éclatantes; on en voit, dans les cavités, qui sont transparentes et qui sont cristallisées en tables hexaèdres. Cette substance m'a donné, dans une analyse,

Silice..................	0,4731
Alumine................	0,0574
Peroxide de fer.........	0,2891
Peroxide de manganèse..	0,0048
Chaux.............	0,0623
Magnésie...........	0,1017
Potasse............	0,0105
	0,9989

Elle se rapproche beaucoup, par sa composition, du mica noir de Sibérie, dans lequel Klaproth a trouvé :

Silice.....................	0,4200
Alumine....................	0,1105
Potasse....................	0,1000
Peroxide de fer.............	0,2200
Magnésie.............	0,0900
Oxide de manganèse	0,0200
	0,9605

Vues géologiques. La production artificielle des minéraux par fusion paraît mettre hors de tout doute l'idée que nos montagnes primitives ont été, dans l'origine, dans un état de fluidité igné. Cet état donne une explication satisfaisante de la forme de la terre,

de l'accroissement de température dans la profondeur, des sources chaudes et de beaucoup d'autres phénomènes : alors, la température étant très-élevée, l'eau de la mer devait, suivant les expériences de M. Cagnard de la Tour, ne former autour du globe qu'un fluide élastique.

Les montagnes primitives se distinguent des productions volcaniques, en ce que la chaux et la magnésie, qui, dans les montagnes primitives, sont combinées avec l'acide carbonique, forment, avec la silice, des silicates et des bisilicates dans les roches volcaniques. On conçoit que la silice, qui, à la pression ordinaire et à une température élevée, chasse l'acide carbonique, est au contraire expulsée de ses combinaisons par cet acide, sous l'influence d'une forte pression; il n'est par conséquent pas étonnant de rencontrer des cristaux de quarz dans le marbre de Carare. Lors de la production des roches volcaniques, la haute pression résultant de la vaporisation de l'eau des mers n'existant plus, on y retrouve les mêmes combinaisons que celles que l'on obtient dans les laboratoires et dans les ateliers métallurgiques.

Une grande série d'observations prouvent qu'à une époque ancienne, le niveau de la mer a été plus élevé qu'il ne l'est aujourd'hui. Cela s'explique en considérant que l'eau, en s'échauffant, se dilate plus que la terre. En supposant, comme le fait M. de la Place, que la profondeur moyenne de la mer soit de 96,000 pieds, et que la terre ait la dilatation du verre, on trouve qu'à la température de 100° c. la mer serait de 4,000 pieds plus élevée qu'elle ne l'est aujourd'hui, et qu'elle recouvrirait la plus grande partie des montagnes secondaires.

Les matières fondues se contractent en se refroidissant ; lorsque la contraction s'opère sur de grandes masses, il doit en résulter des cavités tapissées de corps cristallisés : de là les géodes, etc.

Vues métallurgiques. Traitement du cuivre pyriteux.

On exploite, à Fahlun, un minerai composé de bisulfure de fer et de cuivre pyriteux ; il y en a deux variétés, l'une, presque pure, et l'autre, qui est mélangée de beaucoup de quarz; on les grille, et il en résulte un mélange de sulfure, d'oxide et de sulfate. On fond les minerais grillés dans la proportion d'environ trois parties de minerai pur sur une partie de minerai quarzeux; mais l'ouvrier, attentif à ce qui se passe dans le fourneau, ajoute tantôt un peu plus de l'un et tantôt un peu plus de l'autre minerai, de manière à ce que la scorie soit toujours un bisilicate de protoxide de fer : celle-ci est alors lamelleuse et elle cristallise comme le pyroxène. On obtient en même temps des mattes, qui sont un mélange de sulfure de fer et de sulfure de cuivre. Lorsque le minerai a été trop grillé, il existe trop peu de sulfure de fer pour rassembler toute la matière cuivreuse disséminée dans la grande masse de scories : alors le fondeur ajoute une petite quantité de minerai riche non grillé.

On grille les mattes six fois et on les transforme, par cette opération, en un mélange de fer oxidé magnétique et de cuivre oxidé; on fond ce mélange soit avec du quarz, soit avec du minerai quarzeux, et il en résulte du silicate de protoxide de fer et du cuivre noir (1).

---

(1) Cette théorie est tout-à-fait d'accord avec celle qui a été exposée par M. l'ingénieur Guényveau, il y a environ vingt ans, dans le *Journal des Mines*, t. XX.

Dans l'affinage du cuivre, au Harz, il se forme beaucoup de protoxide de ce métal, au milieu duquel on trouve de grands cristaux d'acide arsénieux, mais jamais d'oxide d'antimoine.

On a pour but, dans l'affinage de la fonte, d'en séparer le carbone et toutes les substances dont la présence pourrait nuire à la qualité du fer forgé. Pour cela, l'affineur commence par oxider une partie de la fonte : l'oxide de fer formé se combine avec la silice, qui se trouve mélangée dans les charbons à l'état de sable, qui s'est formé par l'oxidation du silicium contenu dans la fonte, ou qui était combiné dans le charbon, etc., et il résulte de cette combinaison un silicate. S'il s'est formé une trop grande quantité d'oxide de fer, cet oxide réagit sur la fonte et lui enlève du carbone, ou bien il se combine avec le silicate, avec lequel il forme un sous-silicate, qui, étant très-fusible, se mêle entièrement avec la fonte et brûle son carbone, parce que l'oxide du sous-silicate a une grande tendance à se changer en silicate en abandonnant la moitié de son oxide, lorsqu'il est en contact du charbon à la température des feux d'affinerie. Affinage de la fonte.

---

6. *Extrait d'un mémoire sur les chaleurs latentes de diverses vapeurs;* par M. C. Desprets. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 323.)

Pour déterminer la chaleur latente des vapeurs, j'ai placé le liquide à vaporiser dans une cornue dont le bec était introduit dans un serpentin en cuivre, large et plat, qui traversait une caisse de même métal, oblongue et rectangulaire, et qui était remplie d'eau. Trois thermomètres placés

convenablement, indiquaient la température de l'eau contenue dans la caisse avant et après le passage de la vapeur, la température de la vapeur du liquide tenu en ébullition dans la cornue, et celle du liquide provenant de la vapeur condensée. La caisse pouvait contenir environ 30 kil. d'eau.

M représentant le poids de la masse d'eau, plus le poids de la caisse et du serpentin ; t, la température de l'eau froide au commencement de l'expérience ; t', la température acquise quand elle est terminée ; d, la température moyenne du liquide du serpentin ; T, la température de la vapeur ; m, le poids de la vapeur condensée, et x la *chaleur totale* de l'unité de poids de la vapeur, on a x par la formule $M\,(t'-t) = M\,(T-d) + m\,x$.

On entend par la chaleur totale contenue dans une vapeur le nombre de degrés dont s'élèverait la température d'une certaine quantité d'eau prise à la glace fondante, si l'on donnait à cette eau toute la chaleur que perd le même poids de vapeur quand on la condense et qu'on abaisse sa température à zéro. Pour avoir la chaleur latente, il suffit de retrancher de la chaleur totale le nombre de degrés dont le liquide s'élève pour entrer en ébullition.

Si l'on veut rapporter la chaleur totale et la chaleur latente d'une vapeur au nombre de degrés dont elle pourrait élever un poids égal au sien, du liquide qui la produit, il faut diviser la chaleur totale et la chaleur latente exprimées en eau par la capacité du liquide.

J'ai déterminé, par l'expérience, la chaleur latente de l'eau, de l'alcool, de l'éther sulfurique et de l'essence de térébenthine ; on en voit les résultats dans le tableau suivant, auquel j'ai joint

la densité des vapeurs à la température de leur ébullition et ramenée par le calcul à ce qu'elle serait à zéro.

Vapeurs.	Densité à zéro.	Densité au point d'ébullition.	Chaleur totale.	Chaleur latente.	Chaleur totale en eau.	Chaleur latente en eau.
Eau........	0,6235	0,451	631	531		
Alcool......	1,613	1,258	410,7	331,9	255,5	207,7
Ether......	2,586	2,280	210	174,9	109,3	90,8
Essence.....	5,010	3,207	23	166,2	149,2	76,8

Ces résultats prouvent qu'un liquide pris dans un poids déterminé, parvenu à son point d'ébullition, exige d'autant moins de chaleur pour se volatiliser, que la vapeur qu'il produit a plus de densité. Des essais analogues aux précédens, tentés sur le sulfure de carbone, dont la vapeur pèse 2,644, conduisent à la même conséquence; car sa chaleur latente diffère peu de 80. On sait aussi qu'il produit la plus pesante de toutes les vapeurs (8,614) et demande une très-petite quantité de chaleur pour se volatiliser; tandis que le soufre, dont la vapeur a à-peu-près la même densité que l'air, se vaporise difficilement.

Pour faire les calculs précédens, j'ai recherché la capacité de l'alcool, de l'éther et de l'essence, comparée à celle de l'eau, et je suis parvenu à ce but par la détermination des temps de refroidissement de ces liquides contenus dans un vase métallique, en appliquant la formule

$$\frac{cv + v'}{cv + v'x} = t',$$

dans laquelle v est le poids du vase, v' le poids de la quantité d'eau qu'il peut contenir, v'' le poids d'un même volume de liquide soumis à l'expérience, c la capacité du métal dont le vase est formé, t et t' les temps de refroidissement du vase rempli successivement d'eau et du liquide v''. J'ai trouvé 0,622 : 0,463 : 0,4205 pour les nombres qui doivent représenter les chaleurs spécifiques de l'alcool, de l'essence et de l'éther sulfurique, la capacité de l'eau étant prise pour unité.

---

7. *Expériences relatives au froid produit par l'expansion du gaz ;* par MM. Auguste de la Rive et S. Marcet. (Bibliot. universelle, 1823.)

Il est reconnu, depuis long-temps, qu'un thermomètre placé sous un récipient descend d'une quantité assez grande lorsqu'on y fait le vide. Cet effet, que l'on a jusqu'à présent attribué à un abaissement de température causé par la dilatation de l'air, provient aussi en partie de l'augmentation de volume qu'éprouve la boule quand sa surface est soustraite à la pression atmosphérique : ce qui le prouve, c'est que si l'on place sous le récipient un thermomètre ouvert à son extrémité supérieure, il baisse, mais beaucoup moins que celui qui est fermé et privé d'air.

Un autre phénomène du même genre, mais beaucoup plus difficile à expliquer, consiste dans l'élévation subite et très-considérable d'un thermomètre placé dans un récipient vide, lorsqu'on y fait rentrer subitement l'air. Pour examiner avec précision les détails de cette curieuse expérience, nous avons suspendu un thermomè-

tre très-sensible, ayant une boule très-petite, au milieu d'une cloche de 340 pouces cubes, à laquelle était adapté un tuyau d'un tiers de ligne de diamètre, de telle manière qu'il aboutissait, d'un côté, à une distance moindre de 4 lignes de la boule du thermomètre, et de l'autre, dans l'atmosphère ou dans un vase plein de gaz. Ce tuyau était muni d'un robinet.

Nous avons fait le vide dans la cloche, ce qui a fait descendre le thermomètre de 10° à 8° : alors on a ouvert le robinet du tube pour laisser entrer l'air de la chambre. Voici ce qui s'est passé : le thermomètre est d'abord descendu de 8° à 5°,6; il s'est arrêté au bout de 7 secondes, au moment où l'éprouvette a indiqué une pression de 4 pouces de mercure dans la cloche. Le thermomètre est resté stationnaire, jusqu'à ce que l'air introduit ait pu soutenir 6 pouces de mercure; et à partir de ce moment, il a monté rapidement jusqu'à 15°, ce qui a eu lieu après 45 secondes.

Cette expérience conduit à l'explication suivante du phénomène. L'air, en entrant dans la cloche, se dilate, et par un effet de cette dilatation, il prend de la chaleur aux corps environnans et au thermomètre en particulier, qui se trouve le premier sur son passage. Mais quand la cloche contient déjà un assez grand volume d'air, le nouvel air qui arrive tend encore à se dilater, et par conséquent à produire du froid; en même temps cependant il condense celui qui y est déjà contenu, et tend conséquemment à produire de la chaleur en exprimant de cet air déjà entré une certaine quantité de calorique.

En substituant du gaz hydrogène et du gaz

acide carbonique à l'air atmosphérique, les effets ont été les mêmes; seulement, avec le gaz hydrogène, l'abaissement du thermomètre a été un peu moindre qu'avec l'air, et, au contraire, un peu plus grand avec le gaz acide carbonique; ce qui paraît dépendre de ce que le gaz hydrogène a une capacité moindre pour le calorique que l'air, et l'acide carbonique une capacité plus grande.

Si, après avoir introduit dans la cloche une quantité d'hydrogène capable de soutenir 6 pouces de mercure, on y fait entrer de l'air ordinaire, le thermomètre, qui avait d'abord remonté à 2°, s'arrête tout d'un coup, et descend à-peu-près de la même quantité; puis, l'air continuant à entrer, il se met à remonter. Ce phénomène dépend encore de ce que le gaz hydrogène a moins de capacité pour le calorique que l'air; car il en résulte qu'il en prend moins que l'air en se dilatant, et que par conséquent lorsque celui-ci entre dans une atmosphère d'hydrogène dilatée, il ne trouve pas tout le calorique qu'exige sa dilatation dans celui qu'il exprime en comprimant ce gaz : il prend donc de la chaleur aux corps ambians, et, entre autres, au thermomètre.

---

8. *Nouvelle note sur les effets que l'on obtient par l'application spontanée de la chaleur et de la compression sur les liquides ;* par M. Cagnard de la Tour. (Ann. de Ch., t. XXII, p. 410.)

Dans un tube contenant les $\frac{7}{20}$ de son volume d'éther à l'état liquide, la force élastique de la vapeur est, à 100 degrés Réaumur, de 10 atmosphères $\frac{6}{10}$; à 150°, de 37 $\frac{1}{2}$; à 200°, de 86 $\frac{1}{3}$; à 250, de 143 $\frac{7}{10}$ (à 150°, le liquide est entièrement vaporisé).

Dans un tube contenant les $\frac{7}{40}$ de son volume d'éther à l'état liquide, la force élastique de la vapeur est, à 100°, de 14[at.]; à 152°, de 42 (la vaporisation est complète); à 200°, de 70 $\frac{1}{3}$; à 250°, de 89. Ces pressions dans le tube où il y a le moins de liquide, sont plus fortes que celles qui ont lieu dans le tube qui en contient le double.

Dans un tube contenant les $\frac{2}{5}$ de son volume de sulfure de carbone liquide, la force élastique de la vapeur est, à 100°, de 8 at.; à 10°, de 24; à 200°, de 57 at.; à 220°, de 78 at. $\frac{1}{2}$ (la vaporisation est complète); à 240°, de 114 $\frac{1}{3}$; à 265°, de 138 $\frac{1}{2}$. Le sulfure de carbone, qui est à-peu-près aussi volatil que l'éther, n'a passé cependant à l'état de vapeur qu'à 220°, avec une pression de 78 atmosphères, c'est-à-dire double de l'éther.

C'est en général lorsque le liquide est à l'état de vapeur que l'accroissement des pressions est le plus grand; bientôt il diminue, et il paraît prendre ensuite la même marche que pour les gaz.

---

9. *Expériences faites à une haute pression, avec quelques substances*; par M. le baron Cagnard de La Tour. (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 267.)

Un de mes tubes de verre, dans lequel j'avais mis de l'eau et un peu de sulfure de carbone, m'a présenté les résultats suivans en le soumettant à l'action de la chaleur :

L'eau est devenue d'abord un peu laiteuse; bientôt elle a repris sa transparence, mais avec une légère teinte verdâtre, qui s'est ensuite foncée

presque jusqu'au noir, à mesure que la température est devenue plus forte. Pendant cette expérience, le sulfure de carbone est devenu plus léger que l'eau, au-dessus de laquelle il a surnagé assez long-temps avant de se réduire complétement.

A mesure qu'on a laissé refroidir le tube, la couleur verte a disparu en s'affaiblissant de plus en plus, et les deux liquides ont repris leur premier état, si ce n'est que l'eau a conservé une teinte jaunâtre, mais qui s'est beaucoup éclaircie en agitant le tube.

J'ai exposé de nouveau le tube à l'action de la chaleur, avec l'intention de la pousser assez loin pour réduire toute l'eau en vapeur; mais, peu de momens après que sa couleur était devenue d'un vert presque noir, le tube s'est rompu.

Un autre tube, dans lequel j'avais introduit quelques cristaux de chlorate de potasse avec les mêmes liquides que précédemment, m'a présenté des faits particuliers que je vais indiquer.

Les premiers effets de la chaleur ont été d'opérer la dissolution du chlorate de potasse dans l'eau. Ayant laissé refroidir le tube immédiatement après cette dissolution, l'eau est devenue laiteuse, et le sulfure de carbone qui nageait au-dessus est retombé au fond avec le sel, qui s'était cristallisé par le refroidissement. Ayant exposé ensuite le tube à une chaleur plus forte, il est arrivé un moment où la liqueur est devenue tout-à-coup d'un beau jaune citron, et en même temps il s'est manifesté dans la liqueur une effervescence qui bientôt a été suivie de la formation d'un globule d'apparence huileuse, qui, après le refroidissement du tube, a conservé

sa liquidité et s'est précipité au fond de la liqueur, mais sans la formation d'aucun cristal comme auparavant.

Ayant soumis ce tube à une chaleur encore plus forte qu'auparavant, la liqueur jaunâtre a disparu, et sa destruction a été suivie de la formation subite d'un très-petit globule de soufre liquide, qui, lorsqu'on élevait beaucoup la température du tube, prenait la couleur et la transparence d'un rubis, mais qui, par le refroidissement, a repris la consistance et l'apparence ordinaire du soufre. On n'apercevait plus aucune trace du sulfure de carbone dans le tube, et cependant, à un certain degré de chaleur, l'eau prenait une teinte bleue.

L'eau était tout-à-fait incolore et parfaitement transparente; mais, à un certain degré de chaleur, elle prenait une couleur bleue qui disparaissait ensuite par le refroidissement.

Cette coloration ne s'est plus manifestée dans un autre tube où j'avais mis une proportion plus grande de chlorate de potasse, pour que la décomposition du sulfure de carbone devînt plus complète.

Il s'est formé parfois dans ces tubes de petits cristaux en aiguilles, qui se groupaient par cinq ou six autour d'un point central; quelquefois même presque toute la masse s'est cristallisée; mais je n'ai obtenu qu'une seule fois cet effet, qui ne s'est plus reproduit. En cassant le tube, il se fait une très-forte explosion, et la liqueur s'enfuit comme celle de bouteilles d'eau gazeuse. Cette eau est d'une acidité très-forte.

Il est remarquable que l'eau n'ait point altéré la transparence du verre dans ces expériences,

la lampe, je fis couler l'acide muriatique sur le sulfure de fer : au bout de quelque temps, il se déposa de l'hydrogène sulfuré liquide dans la longue branche qui était refroidie par un mélange de sel et de glace. Ce liquide est incolore et doué d'une excessive fluidité : cette fluidité ne diminue pas à la température de—18°, sa densité est 0,9. La vapeur de l'hydrogène sulfuré liquide exerce une pression de 17 atmosphères à la température de + 10°.

Acide carbonique.

Je me suis procuré l'acide carbonique en faisant réagir l'acide sulfurique concentré sur le carbonate d'ammoniaque. Il faut prendre de grandes précautions, parce qu'il y a souvent explosion.

L'acide carbonique liquide est sans couleur et extrêmement fluide. Il se distille rapidement entre—18° et 0°; le plus grand froid ne peut l'altérer. Quand on ouvre les tubes qui le renferment, ils se brisent avec une épouvantable explosion; à 0°, sa vapeur exerce une pression de 36 atmosphères.

Oxide de chlore.

J'obtins l'oxide de chlore fluide en renfermant du chlorate de potasse et de l'acide sulfurique dans un tube, les faisant réagir l'un sur l'autre pendant 24 heures, et chauffant ensuite le mélange à la température de + 38°. Le liquide, qui se condense dans l'extrémité froide du tube, est d'un jaune foncé et très-fluide. Quand je voulus ouvrir le tube, il se brisa avec explosion.

Protoxide d'azote.

Je pris du nitrate d'ammoniaque, je le rendis aussi pur que possible en le chauffant à l'air jusqu'à décomposition partielle, et je l'introduisis dans un tube recourbé, dont je chauffai l'une des extrémités pendant que je maintenais l'autre

froide. Cette opération ne se fait pas sans danger. L'appareil refroidi contient deux liquides et une atmosphère très-comprimée; le liquide le plus lourd est de l'eau tenant en dissolution de l'acide nitreux et du deutoxide d'azote, le plus léger est du deutoxide d'azote pur. Ce dernier est très-fluide et incolore; sa volatilité est si grande, que la chaleur de la main suffit pour le transformer tout entier en vapeur. A + 7°, sa vapeur exerce une pression de 50 atmosphères.

Je me suis servi du cyanure de mercure bien sec pour me procurer le cyanogène. Ce corps, à l'état liquide, est incolore et très-fluide; il ne change pas d'état à — 18°. Sa pesanteur spécifique est 0,19. Quand on ouvre le tube qui le renferme, il se vaporise lentement en produisant beaucoup de froid. A + 7°, sa tension est de 3,7 atmosphères. **Cyanogène.**

Le chlorure d'argent sec absorbe une grande quantité de gaz ammoniac sec. J'introduisis le composé qui en résulte dans un tube recourbé, et je fis chauffer : il se fondit, et il s'en dégagea ensuite de l'ammoniaque, qui se condensa à l'état liquide. Sa pesanteur spécifique est 0,76; sa vapeur exerce une pression de 6 5 atmosphères, à + 10°; lorsqu'on laisse refroidir l'appareil, le chlorure d'argent absorbe de nouveau tout l'alcali. **Ammoniaq.**

A 10°, la tension des vapeurs de l'acide muriatique liquide est de 40 atmosphères. **Acide muriatique.**

Je n'ai pas encore pu réussir à liquéfier les gaz hydrogène, oxigène, fluoborique, fluosilicique et hydrogène phosphoré.

---

12. *Cascade chimique*; par M. Clément. (*Traité des réactifs*; par MM. Payen et Chevalier, p. 200.)

La cascade chimique est un appareil qui a pour objet de servir à saturer un liquide par un gaz quelconque soluble dans ce liquide. Voici comment il doit être disposé lorsqu'on le destine à la préparation du chlore liquide :

A est un ballon de verre (Voyez la pl. III), à demi rempli d'eau, destiné à envoyer de la vapeur. A' est une chaudière en cuivre ou en tôle, destinée au même usage, et qui remplace avantageusement le ballon lorsque (comme dans ce cas) il n'y a que de l'eau pure à échauffer; l'eau volatilisée est remplacée, au fur et à mesure de son dégagement, par de l'eau chaude (échauffée par le même fourneau); celle-ci est introduite à l'aide d'un tube H, recourbé en S. La vapeur dégagée entre dans un flacon B à trois tubulures, disposées comme on le voit dans la figure. Ce flacon communique avec le ballon ou la chaudière par un tube M. Il contient des morceaux de manganèse; la dissolution de manganèse produite, comme nous le dirons ci-après, s'écoule par un tube T,T', dans un réservoir G; ce même flacon (*cascade productive*) reçoit par un tube V,V de l'acide hydrochlorique, contenu dans un flacon à robinet C, et envoie, par un tube K,K le chlore produit dans un cylindre D,D qui est entièrement rempli de petites sphères (boules) de verre, de porcelaine ou de terre cuite (grès). Cette colonne (*cascade absorbante*) a trois tubulures; l'une d'elles reçoit le tube K; une autre le tube I, qui va plonger dans un flacon F. Enfin, on fait en-

trer dans le bouchon qui ferme la troisième tubulure du cylindre l'extrémité du tube L,R, adapté à un flacon à robinet E. On ajoute dans le même bouchon du cylindre un tube droit et ouvert O, qui sert de seule issue à l'appareil; les tubes plongeurs I et T peuvent être remplacés par des tubes en S, I′ et T′, qui produisent le même effet de laisser les liquides s'écouler sans donner issue au gaz. Voici ce qui se passe dans cette opération : on porte l'eau du ballon ou de la chaudière à l'ébullition; la vapeur produite échauffe et humecte, en se condensant, les morceaux de manganèse contenus dans le flacon B. On ouvre le robinet V du flacon C, l'acide hydrochlorique coule et se trouve en contact avec l'oxide de manganèse: alors il se forme de l'hydrochlorate de protoxide de manganèse, qui s'écoule au travers des morceaux de manganèse jusque dans le réservoir G; et il se dégage du chlore, qui s'élève en gaz et passe par le tube K,K dans le cylindre D,D, où il rencontre de l'eau (introduite en ouvrant le robinet L), qui recouvre et enveloppe de toutes parts la surface extérieure des petites boules; le chlore se condense et s'écoule par le tube I dans le récipient F. Si le robinet à l'eau était fermé, ou que l'eau manquât par quelque cause que ce fût, le chlore, en se dégageant par l'extrémité du tube O, annoncerait cet accident (1).

Les avantages que cet appareil présente sont faciles à apercevoir : on conçoit, en effet, que

(1) On conçoit que si le mélange de manganèse et d'acide hydrochlorique ou sulfurique, ou tout autre mélange qui doit donner lieu à un dégagement gazeux condensable,

l'oxide de manganèse étant employé en morceaux, on s'évite ainsi la peine de le réduire en poudre; que l'acide hydrochlorique, en passant successivement sur tous les morceaux d'oxide de manganèse dont la surface en somme est très-considérable, doit épuiser son action; que celle-ci est encore favorisée par la vapeur d'eau, et que le chlore, obligé de traverser tous les petits espaces extrêmement multipliés entre les boules contenues dans le cylindre D,D, et circulant dans un sens inverse de celui que suit l'eau, ne peut manquer de se condenser entièrement.

---

13. *Sur la plombagine qui se forme dans les retortes où l'on distille le charbon de terre;* par M. Conybeare. (Ann. of. Philos., vol. L.)

Les retortes qu'on retire des fourneaux, après dix-huit mois de service, sont revêtues d'une couche de plombagine dont l'épaisseur peut s'élever à 4 pouces. Cette plombagine ressemble à la plombagine commune; mais elle est plus dure, plus brillante et d'un gris de fer plus clair. On pourrait s'en servir dans les arts.

était opéré et réagissait complétement dans le ballon A, il faudrait adapter directement le tube M à la tubulure K du cylindre D,D, puisqu'il deviendrait inutile, dans ce cas, de faire passer les produits gazeux dans le flacon intermédiaire B.

14. *Nouveau gaz hydrogène carboné*, découvert par M. Dalton. (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 410.)

M. Clément annonce que M. Dalton a découvert un nouveau gaz hydrogène carboné dans le gaz de l'huile. Ce gaz nouveau contient deux fois plus de carbone que le gaz oléfiant, et M. Dalton l'a nommé gaz superoléfiant; il y en a beaucoup dans le gaz de l'huile.

---

15. *Note sur une matière cristalline qui s'est formée dans une dissolution de cyanogène;* par M. Vauquelin. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 132.)

Le cyanogène dissous dans l'eau, et exposé à la température de l'été, se décompose, en se transformant en acide hydrocyanique, en ammoniaque, en acide carbonique et en charbon azoté, qui se dépose sous forme pulvérulente.

Une dissolution très-chargée de cyanogène, que j'avais conservée pendant l'hiver, est devenue légèrement ambrée, et a déposé des cristaux jaune orangé. La liqueur contenait de l'hydrocyanate et du carbonate d'ammoniaque. Ces cristaux étaient dendritiques, transparens; leur poussière était citrine; ils étaient insolubles dans l'eau, dans la potasse et dans les acides sulfurique et muriatique. Chauffés dans un tube de verre, ils ont donné de l'hydrocyanate d'ammoniaque et un sublimé blanc, qui m'a paru être de la même nature que les cristaux, moins l'humidité.

Je présume que ces cristaux sont composés de carbone et d'azote, comme le cyanogène, mais qu'ils contiennent plus de carbone que le der-

nier : dans ce cas, on pourrait les appeler *sous-cyanogène* ou *proto-cyanogène*.

---

16. *Sur l'acide des prussiates triples*; par M. Gay-Lussac. (Ann. de Ch., t. XXII, p. 320, et t. XXIV, p. 224.)

La nature de l'acide contenu dans les combinaisons désignées, il y a peu de temps encore, par le nom de *prussiates triples*, ainsi que sa constitution chimique, me paraissent n'être plus soumises à aucune incertitude.

M. Porrett, à qui l'on doit la découverte importante de cet acide, le considère comme formé de carbone, de fer, d'azote et d'hydrogène ; mais ses expériences n'y démontrent pas d'une manière satisfaisante l'absence de l'oxigène, puisqu'elles l'ont conduit à attribuer au fer d'autres degrés d'oxidation que ceux qu'on avait déterminés par des moyens plus directs. (*Ann. de Ch. et de Phys.*, XII, 378.)

M. Robiquet, après avoir obtenu l'acide des prussiates dans un grand état de pureté, a trouvé, en le décomposant par le feu, qu'il ne donne aucun produit oxigéné, et il conclut qu'il ne contient que du carbone, de l'azote, de l'hydrogène et du fer. (*Ann. de Ch. et de Phys.*, XII, 290.) Cette expérience paraît directe ; mais M. Robiquet a laissé indéterminée la proportion dans laquelle ces divers élémens sont combinés.

L'analyse des prussiates triples a conduit M. Berzelius à la même conclusion que M. Robiquet, et si cet habile chimiste n'a pas énoncé quelle était la véritable constitution de l'acide de ces prussiates, c'est parce qu'il le considère

plutôt comme un sel acide que comme un acide particulier. (*Ann. de Ch. et de Phys.* XV, 144, 225.)

M. Berzelius a trouvé que le précipité obtenu en versant une dissolution de plomb dans le prussiate triple de potasse, est formé de

3 atomes de cyanogène,
2 atomes de plomb,
1 atome de fer,

ou bien de

2 atomes de cyanure de plomb,
1 atome de cyanure de fer.

Les prussiates triples { de potasse et de fer, de baryte et de fer, de chaux et de fer,

ont une composition analogue; c'est-à-dire qu'ils contiennent, chacun,

1 atome de cyanure de fer,
2 atomes de cyanure de l'autre métal.

Or, puisque l'hydrogène contenu dans l'acide des prussiates a disparu en totalité, et qu'on ne trouve plus d'oxigène dans les prussiates triples, et particulièrement dans celui de plomb, que je prendrai pour exemple, il faut que ces deux corps se soient combinés pour former de l'eau, et par conséquent que l'acide des prussiates triples contienne une quantité d'hydrogène suffisante pour neutraliser les deux proportions d'oxigène contenues dans les deux proportions d'oxide de plomb. Il doit donc être composé de

2 atomes d'hydrogène,
1 atome de fer,
3 atomes de cyanogène,

ou de

2 atomes d'acide hydrocyanique,
1 atome de cyanure de fer.

Je considère cet acide comme un véritable hydracide, dont le radical serait formé d'un atome de fer et de 3 atomes de cyanogène.

Lorsqu'on le combine avec un oxide, son hydrogène forme de l'eau avec l'oxigène de l'oxide, et son radical se réunit avec le métal de ce dernier. Le composé n'est plus alors un prussiate, c'est un *cyanoferrure*. Réciproquement, lorsqu'on décompose un cyanoferrure par un hydracide, l'acide hydrosulfurique, par exemple, l'hydrogène de l'hydracide se combine avec le *cyanoferre* et produit l'acide *hydrocyanoferrique*. Au reste, la théorie des cyanoferrures et des hydrocyanoferrates serait exactement la même que celle des sulfures et des hydrosulfates, des chlorures et des hydrochlorates, etc.

Il est sans doute prématuré de donner un nom, celui de *cyanoferre*, à un être encore hypothétique, ou au moins qu'on n'a pas obtenu isolé; mais, d'une part, je regarde son existence comme très-probable, et de l'autre la dénomination que j'ai exposée exprime nettement la manière dont je conçois la nature des prussiates triples.

En relisant les observations de M. Robiquet sur la composition des prussiates triples, j'ai vu que cet habile chimiste pensait aussi que l'acide de ces sels peut être considéré comme un hydracide. Je m'empresse de le reconnaître.

17. *Sur l'hydriodure de carbone; nouveaux moyens de l'obtenir*; par M. Serullas. (Ann. de Ch., t. XXII, p. 172 et 222 (1).

Premier procédé. — Sur du chlorure d'iode solide, tel qu'on l'obtient en faisant arriver du chlore, jusqu'à cessation d'absorption, dans un flacon assez grand contenant de l'iode, on verse 5 à 6 fois son poids d'alcool à 34°; la liqueur, d'abord trouble, s'éclaircit en quelques instans; on la traite par de petites portions d'une dissolution alcoolique de potasse caustique. On obtient de l'iodate acide de potasse, qui se précipite à l'instant, puis de l'idiodate neutre, de l'hydriodure de carbone, de l'hydriodate et de l'hydrochlorate de potasse : la dissolution devient d'un jaune citron ; on lave le dépôt salin avec de l'alcool, et on réunit le liquide de lavage à la dissolution; on évapore à une douce chaleur ; l'hydriodure de carbone cristallise; on le jette sur un filtre, et on le lave à l'eau froide, jusqu'à ce que cette eau ne se trouble plus par le nitrate d'argent, indice que l'hydriodure est débarrassé de l'hydriodate de potasse qu'il avait pu retenir.

Deuxième procédé. — On fait passer dans de l'alcool à 34°, contenant beaucoup plus d'iode qu'il n'en peut dissoudre, un courant de chlore, jusqu'à ce que l'iode ait disparu : alors on sature la liqueur par une dissolution alcoolique de potasse caustique, et l'on obtient les mêmes résultats que par le premier procédé.

Troisième procédé. — Après l'achèvement de

---

(1) Voyez, sur ce sujet, les *Ann. des Min.*, t. VII, p. 124.

mon travail sur l'hydriodure de carbone, j'ai trouvé que l'on obtient cette substance en grande quantité en introduisant de la potasse caustique dans une simple dissolution alcoolique d'iode.

La pesanteur spécifique de l'hydriodure de carbone est à-peu-près double de celle de l'eau. Exposé à l'air, à la température ordinaire, il disparaît peu-à-peu. Une chaleur de 100° le volatilise sans le décomposer; de 115 à 120°, il entre en fusion, et peu après il se décompose en donnant lieu à des vapeurs d'iode, à de l'acide hydriodique et à un dépôt de charbon très-brillant. Cette substance n'est pas sensiblement soluble dans l'eau; elle se dissout dans 80 fois son poids d'alcool à 33°, à la température ordinaire, et, dans 25 fois, à la température de 35° : 7 parties d'éther en dissolvent une partie; elle se dissout aussi dans les huiles grasses et volatiles. Les acides sulfurique, sulfureux, nitrique, hydrochlorique, n'ont pas d'action sur elle, non plus que le chlore en dissolution dans l'eau.

Le chlore gazeux et sec la décompose rapidement. Si le chlore est en excès, il y a formation de chlorure d'iode jaune solide; dans le cas contraire, il se forme un sous-chlorure : il se produit en même temps une substance qui paraît être du chlorure de carbone. En analysant le chlorure d'iode formé, on peut déterminer très-exactement la proportion d'iode contenue dans l'hydriodure de carbone : d'un autre côté, en traitant cet hydriodure par l'oxide de cuivre, on trouve facilement combien il renferme de carbone. Par ce moyen, je suis arrivé au résultat suivant :

Iode......	0,8992	— 1 at.
Carbone.....	0,0864	— 2 at.
Hydrogène...	0,0144	— 2 at.

L'iodate acide de potasse a une saveur aigre et astringente; il rougit la teinture de tournesol sans la détruire; il fuse sur les charbons incandescens. Chauffé fortement, il se fond, et donne lieu à des vapeurs d'iode et à de l'oxigène, par la décomposition de l'excès d'acide, se trouvant ainsi ramené successivement à l'état d'iodate neutre et d'iodure.

Il est moins soluble que l'iodate neutre : il cristallise sous la forme de pyramides tronquées à bases rectangulaires, ou de petits prismes à quatre pans, terminés par des pyramides à quatre faces.

Il ne paraît pas que la soude soit susceptible, comme la potasse, de former un iodate acide.

---

18. *Préparation de l'acide hydrosulfurique et des hydrosulfates alcalins;* par M. P. Berthier, *ingénieur des mines.* (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 271.)

Il n'y a pas d'autre moyen de préparer d'une manière simple et économique l'acide hydrosulfurique, que de traiter par les acides non oxigénans les sulfures métalliques sur lesquels ils agissent. Les seuls sulfures dont on se soit servi jusqu'à présent sont le sulfure d'antimoine et le protosulfure de fer. Le sulfure d'antimoine donne de l'acide hydrosulfurique très-pur; mais il a l'inconvénient de ne pouvoir être décom-

posé que par l'acide muriatique très-concentré, employé à la température de l'ébullition. Le protosulfure de fer obtenu par la voie sèche est attaqué par l'acide muriatique et par l'acide sulfurique de force moyenne; mais l'action de ces acides est lente, lors même qu'on la favorise par la chaleur et lorsqu'on réduit le sulfure en poudre très-fine. M. Gay-Lussac a substitué à ce sulfure un composé, qu'il prépare avec de la limaille de fer, du soufre et de l'eau, et qui paraît être un hydrosulfate (*Ann. de Chimie*, t. VII, p. 314): l'acide sulfurique, délayé de quatre fois son volume d'eau, dégage l'acide hydrosulfurique de ce composé avec une grande facilité. Ce moyen est très-bon et ne laisserait rien à désirer, s'il était possible de se procurer aisément de la limaille de fer pure et très-fine; mais celle que l'on trouve dans le commerce étant presque toujours ou rouillée ou très-grosse, il en résulte, dans le premier cas, que l'oxide de fer empêche, par son interposition, une partie du fer de se combiner avec le soufre; dans le second cas, que les grains de limaille ne sont pas attaqués par le soufre jusqu'à leur centre, et dans l'un et l'autre cas, que la matière donne de l'acide hydrosulfurique très-mélangé de gaz hydrogène, en consommant une grande quantité d'acide sulfurique.

Je vais indiquer plusieurs sulfures dont l'emploi ne présente aucun des inconvéniens que je viens de signaler, qui donnent de l'acide hydrosulfurique très-facilement, et dont quelques-uns pourraient même servir à préparer cet acide en grand avec beaucoup d'économie, s'il devenait de quelque utilité dans les arts.

Sulfure de fer et de sodium.

En chauffant des pyrites de fer ordinaires ré-

duites en poudre avec environ la moitié de leur poids de carbonate de soude desséché, on obtient un sulfure double de fer et de sodium, qui entre en pleine fusion à la chaleur rouge. On peut couler ce sulfure sur une pierre ou sur une plaque de fonte froide, et il n'en reste qu'une très-petite quantité adhérente au creuset, qui peut ainsi servir à plusieurs opérations. La matière est homogène, à cassure lamelleuse et d'un jaune de brônze foncé. Elle absorbe beaucoup d'eau, et elle forme promptement avec ce liquide une pâte noire, qui paraît d'un vert bouteille foncé sur les bords. En versant de l'acide sulfurique ou de l'acide muriatique sur cette pâte, il s'en dégage sur-le-champ une très-grande quantité d'acide hydrosulfurique, qui provient du sulfure de sodium et d'une partie du sulfure de fer, et il reste une autre portion de ce dernier, qui se dissout également dans l'acide sulfurique, et mieux encore dans l'acide muriatique, avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré, mais seulement à l'aide de la chaleur.

Sulfure de manganèse.

Le sulfure de manganèse se dissout très-rapidement dans l'acide sulfurique étendu de son volume d'eau, sur-tout lorsque l'on favorise l'action de cet acide par une légère chaleur. L'acide hydrosulfurique qui se dégage est très-pur : 100 parties de sulfure en produisent 38 $\frac{1}{2}$ parties. Le résidu de l'opération est du sulfate de manganèse, que l'on ramène aisément à l'état de sulfure : en sorte que par ce procédé on ne consomme réellement quede l'acide sulfurique, qui se trouve transformé en gaz hydrogène sulfuré. Pour réduire le sulfate en sulfure, il ne s'agit que de broyer le sel, de le mêler avec environ le sixième

de son poids de poussier de charbon, et de chauffer le mélange dans des creusets bouchés, jusqu'à la chaleur blanche naissante. A cette température, le sulfure reste pulvérulent, et il ne s'attache pas du tout aux creusets. Quant au sulfate de manganèse, on se le procure en traitant le protoxide de manganèse par l'acide sulfurique, et l'on obtient sans difficulté ce protoxide en chauffant du peroxide de manganèse natif, par exemple, celui de Cretnich, près Saarbruck, qui est pur, soit avec du charbon, soit avec du soufre. Lorsqu'on emploie du charbon, on mêle le minerai de manganèse, broyé et tamisé, avec huit ou dix pour cent de ce combustible; on place ce mélange, sans le tasser, dans un creuset, et on chauffe graduellement jusqu'à la chaleur blanche: il est essentiel de ne pas brusquer la chaleur, parce que le gaz acide carbonique se dégage avec une si grande rapidité dans le commencement de l'opération, que si l'on ne prenait pas des précautions, une partie de la matière pourrait être projetée hors du creuset.

Le soufre ramène le peroxide de manganèse au premier degré d'oxidation, à une température peu élevée et inférieure à celle qui est nécessaire pour volatiliser ce combustible : aussi cette réduction peut-elle s'opérer sans difficulté dans des cornues de verre, lorsqu'on n'agit pas sur une trop grande quantité de matière; ce qui permet de recueillir et d'utiliser le gaz sulfureux qui se dégage. A cent parties de peroxide de manganèse on ajoute douze à quatorze parties de fleur de soufre. Le résidu est vert grisâtre : il contient toujours une certaine quantité de sulfate de manganèse; mais cette quantité s'élève rarement au

vingtième de son poids. Lorsque la chaleur n'a pas été soutenue pendant un temps suffisant, il y reste aussi un peu de soufre, et alors lorsqu'on le chauffe avec le contact de l'air, il donne l'odeur d'acide sulfureux : c'est probablement cette circonstance qui a induit Bergmann en erreur et qui lui a fait prendre ce résidu pour un sulfure d'oxide de manganèse ; mais il est certain que ce sulfure n'existe pas. Ce moyen de préparer le protoxide de manganèse n'est pas économique ; mais on peut l'employer avec avantage lorsque l'on a besoin d'acide sulfureux très-pur.

C'est presque toujours en traitant le sulfure de barium par les acides, que l'on se procure les différens sels de baryte dont on fait usage dans les laboratoires. Les acides donnent très-promptement du gaz hydrogène sulfuré avec ce sulfure, même à froid. On pourrait donc s'en servir avec avantage pour préparer ce gaz ; cependant, comme il n'en produit que le cinquième de son poids, il ne doit être préféré aux autres sulfures que lorsqu'on veut préparer en même temps des sels de baryte. Sulfure de barium.

Mais de tous les sulfures, celui qui est le plus propre à servir à la préparation de l'acide hydrosulfurique est le sulfure de calcium. Voici pourquoi : d'abord, comme il contient beaucoup de soufre, il produit une grande quantité d'acide hydrosulfurique : 100 parties de sulfure pur donnent 46,8 de cet acide ; en second lieu, il se dissout si facilement et si rapidement dans l'acide muriatique, qu'on peut en quelques instans, même sans avoir recours à la chaleur, obtenir un volume très-considérable de gaz. En outre, le muriate de chaux, qui résulte du traitement du sulfure de Sulfure de calcium.

calcium par l'acide muriatique, étant extrêmement soluble, reste à l'état liquide, lors même que l'on emploie l'acide très-concentré ; il s'ensuit que les particules du sulfure, toujours en contact immédiat avec l'acide, s'y dissolvent sans difficulté, et que le vase dans lequel se fait l'opération n'est point exposé à se casser, ainsi que cela arrive fréquemment lorsqu'on emploie un sulfure qui forme avec l'acide un sel insoluble ou peu soluble, et que l'on chauffe pour accélérer l'action. Enfin on peut se procurer presque par-tout, et à très-peu de frais, le sulfate de calcium en grande quantité, puisqu'il est peu d'endroits où l'on ne puisse avoir du plâtre à un prix très-bas, si l'on compare ce prix à celui des autres sulfates, et que le sulfate de chaux est réduit par le charbon en sulfure de calcium à une température qui n'est pas plus élevée que la chaleur blanche. La seule condition essentielle pour que cette réduction ait lieu complétement, est d'amener le sulfate à l'état de poudre presque impalpable. Pour l'usage des laboratoires, on le pulvérise et on le passe à travers un tamis de soie ; mais si l'on voulait opérer sur de grandes masses, il serait plus économique de le broyer sous des meules et de le bluter. Lorsqu'on se sert de sulfate de chaux ordinaire, contenant toute son eau de cristallisation, il faut le mêler avec environ 0,15 de charbon sec en poudre ; mais quand on emploie du sulfate de chaux anhydre ou du plâtre cuit, la proportion de charbon doit être de 0,20 à-peu-près ; on met le mélange dans des creusets, et l'on chauffe ceux-ci dans un fourneau à vent pendant une heure ou deux. On peut aussi les placer dans un four à

faïence ou dans un four à porcelaine : à la température de ces fourneaux, la matière reste pulvérulente et n'attaque aucunement les creusets, qui peuvent servir indéfiniment. Si l'on voulait préparer du sulfure de calcium en grand, on pourrait, pour se dispenser d'employer des creusets, mêler ensemble du sulfate de chaux ordinaire, du charbon et une quantité suffisante de plâtre cuit, gâché, pour donner au tout de la consistance, mouler grossièrement le mélange en briques, et faire cuire ces briques de la même manière que des briques d'argile.

Hydrosulfates.

On se sert, comme réactifs, des hydrosulfates d'ammoniaque, de potasse et de soude. On les emploie principalement pour séparer l'alumine et les oxides métalliques, qu'ils précipitent de leurs dissolutions, de la chaux et de la magnésie qu'ils ne précipitent pas. On les prépare ordinairement en faisant passer un courant de gaz acide hydrosulfurique à travers une dissolution alcaline bien purgée d'acide carbonique. L'hydrosulfate d'ammoniaque n'a besoin que d'être à moitié saturé d'acide hydrosulfurique, parce que le sous-hydrosulfate d'ammoniaque, qui correspond au sous-carbonate, ne précipite pas la magnésie ; mais il en est autrement des hydrosulfates de potasse et de soude : ces hydrosulfates ne cessent de précipiter la chaux et la magnésie que quand ils sont amenés à un degré de saturation tel qu'ils correspondent aux carbonates neutres, ordinairement appelés bicarbonates. En outre il faut qu'ils ne contiennent pas la plus petite quantité de carbonate, et c'est là ce qui rend leur préparation difficile. Pour éviter le mélange des carbonates alcalins, on recom-

mande d'employer de la potasse ou de la soude à l'alcool, faite avec le plus grand soin; mais il y a un moyen simple de remplacer par l'acide hydrosulfurique l'acide carbonique que peut contenir un hydrosulfate mal préparé, et l'on peut se dispenser, en employant ce moyen, de se servir d'alcalis à l'alcool, et leur substituer des alcalis à la chaux, qui coûtent beaucoup moins cher. Il consiste à verser goutte à goutte dans l'hydrosulfate une dissolution concentrée d'hydrosulfate de baryte, jusqu'à ce qu'il ne s'y fasse plus de précipité. En opérant avec précaution, il est facile de purifier exactement ainsi l'hydrosulfate sans y introduire un excès de sel de baryte.

En précipitant une dissolution de sulfure de barium dans l'eau par un carbonate ou par un sulfate alcalin, on pourrait obtenir des sous-hydrosulfates alcalins purs et employer immédiatement celui d'ammoniaque comme réactif; mais pour se servir des hydrosulfates de potasse ou de soude, il faudrait y introduire une fois autant d'acide hydrosulfurique qu'ils en contiennent. Il y a deux manières d'opérer cette saturation : elles consistent, la première, à faire passer un courant d'acide hydrosulfurique dans la dissolution, et la seconde à ajouter à l'hydrosulfate une quantité d'un acide quelconque suffisante pour neutraliser la moitié de l'alcali qu'il renferme : l'hydrosulfate se trouve alors mêlé d'un autre sel; mais il y a un grand nombre de cas dans lesquels ce mélange ne gêne en rien, sur-tout lorsqu'on a employé un acide qui ne donne de sel insoluble avec aucune base, par

exemple, l'acide nitrique faible ou l'acide acétique.

Enfin, voici encore un procédé par lequel on peut préparer un hydrosulfate de potasse ou de soude saturé et pur, sans employer d'alcali caustique. Je me suis plusieurs fois servi de ce procédé avec succès au laboratoire de l'École des mines. On fait chauffer, à la chaleur blanche, un mélange de

100 de sulfate de potasse,
100 de sulfate de baryte,
50 de charbon en poudre,

ou de

80 sulfate de soude anhydre,
100 sulfate de baryte,
50 charbon en poudre.

On obtient des sulfures doubles, qui contiennent un atome de chacun des sulfures composans. Ces sulfures doubles sont grisâtres, à demi fondus, et ils se détachent très-aisément du creuset. On les pulvérise et on les introduit peu-à-peu dans un flacon aux trois quarts plein d'eau tiède, que l'on bouche et que l'on agite fréquemment. Lorsque l'eau est saturée, elle tient en dissolution un atome de sous-hydrosulfate alcalin et un atome de sous-hydrosulfate de baryte. Il est évident que si l'on en précipite la baryte par l'acide sulfurique, tout l'acide hydrosulfurique qui était combiné avec celle-ci se portera sur l'alcali et l'amènera à l'état d'hydrosulfate neutre. Pour faire cette précipitation, on verse dans le flacon de l'acide sulfurique affaibli, par petites doses, en l'agitant à chaque fois et en le tenant toujours bien bouché. Lorsque toute la baryte est précipitée, on laisse la liqueur s'éclaircir et

on la décante; puis on essaie si elle précipite les sels de chaux et de magnésie : si cela arrivait, soit parce qu'on aurait employé trop peu de sulfure de barium, soit parce que l'on aurait perdu une certaine quantité d'acide hydrosulfurique en versant l'acide sulfurique trop rapidement dans la liqueur, il faudrait ajouter à l'hydrosulfate une nouvelle dose de sulfure de barium et précipiter la baryte, etc. Avec un peu de soin on parvient à obtenir un hydrosulfate qui ne contient ni baryte ni acide sulfurique; mais il vaut mieux y laisser une trace de cet acide pour être assuré qu'il ne renferme pas de baryte.

---

19. *Note sur l'influence des alcalis sur l'oxide d'arsenic;* par M. Vauquelin.

Le *vert de Schweinfurth*, composé d'oxide de cuivre et d'oxide d'arsenic, étant mis en contact avec de la potasse caustique, il se produit une poudre jaune qui devient bientôt rouge, et qui est un protoxide de cuivre, et il se forme de l'arséniate de potasse. Cette acidification d'une partie de l'arsenic par le contact de la potasse a lieu, comme on le voit, aux dépens de l'oxide de cuivre. Lorsque l'on met en contact de l'ammoniaque avec du sulfure d'arsenic, il se produit, 1°. un liquide ammoniacal tenant du sulfure d'arsenic en dissolution et un peu d'hydrosulfate d'ammoniaque; 2°. des cristaux d'arséniate acide d'ammoniaque; 3°. du soufre cristallisé mêlé d'un peu d'arsenic; 4°. un gaz qui paraît être de l'hydrogène arsenié, mêlé d'hydrosulfate d'ammoniaque. Ici, il est évident que l'oxigène qui acidifie l'arsenic a dû être pris dans l'eau, et que l'hydro-

gène qui résulte de la décomposition de ce liquide se combine avec le soufre et avec l'arsenic.

---

20. *Sur l'analyse médiate des substances végétales et animales*; par le Dr. Andrew-Ure. (*Ann. of Philosophy*. Ann. de Ch., t. XXIII, p. 377.)

Le peroxide de cuivre attire l'humidité de l'air, même pendant qu'on le pulvérise dans un mortier chaud. Il vaut donc bien mieux abandonner le peroxide pulvérisé dont on veut faire usage pour l'analyse, à l'action libre de l'atmosphère pendant un temps suffisant pour qu'il se mette en équilibre hygrométrique, l'enfermer ensuite dans un flacon, et déterminer la proportion d'humidité qu'il contient, en en calcinant 100 parties dans un tube de verre.

Pour dessécher la matière à analyser, je l'introduis dans un petit flacon de verre fermant à l'émeri, après l'avoir réduite en poudre; je place le flacon tout débouché au milieu d'un bain de sable chauffé à 100°, et contenu dans une capsule de porcelaine posée au-dessus d'une certaine quantité d'acide sulfurique concentrée, sous le récipient privé d'air. Au bout d'une heure, j'enlève le flacon et je le bouche. La perte de poids indique la quantité d'humidité que la matière a abandonnée, et en laissant ensuite le flacon débouché pendant quelque temps à l'air libre, je connais à quoi s'élève l'absorption hygrométrique; et c'est cette proportion qu'il faut déduire en calculant les résultats de l'expérience.

La chaleur de la lampe à esprit de vin n'est pas suffisante pour brûler complétement les subs-

tances, telles que la houille et la résine, qui contiennent beaucoup de carbone. J'ai imaginé un appareil à l'aide duquel on peut, avec une poignée de charbon réduit en morceaux de la grosseur d'une noisette, compléter une analyse dans l'espace d'une demi-heure. Il consiste en une boîte carrée en étain, supportant une plaque en tôle percée de petits trous et courbée en demi-cylindre, dans lequel on met les charbons ; un couvercle, muni d'une petite cheminée, que l'on peut adapter sur la boîte, détermine à volonté le tirage. Le tube de verre dont on fait usage est en crown-glass, de 9 à 10 pouces de long sur $\frac{1}{10}$ de diamètre intérieur. On le fait communiquer avec une cloche remplie de mercure, en le réunissant avec un tube recourbé par le moyen d'un collet de caoutchouc.

Pour l'analyse des liquides volatils, j'emploie une petite ampoule pesée avec soin, et de la capacité de $0^{m}.20^{c}$., que j'introduis dans le fond du tube, et que je recouvre ensuite de 150 à 200 fois son poids d'oxide de cuivre.

Voici comment j'opère. Je triture avec beaucoup de soin, dans un mortier de verre bien sec, 65 à 160 milligrammes de la substance qu'il s'agit d'analyser avec 7 à 9 grammes d'oxide, et j'introduis ce mélange dans le tube de verre, à l'aide d'une petite main faite avec une feuille de platine. Sur ce mélange je mets une couche de 1g,5 à 2g d'oxide de cuivre, et sur celle-ci 3 à 4g de tournures de cuivre bien décapées. J'achève enfin de remplir le tube avec $\frac{1}{2}$g ou 1g d'amiante, qui, par son attraction capillaire, enlève rapidement à la partie chaude du tube l'humidité produite pendant l'expérience, et j'évite de cette manière

toute cause de rupture. On pèse, dans cet état, le tube à une balance très-sensible, et l'on y introduit ensuite un petit bouchon cannelé sur les côtés, qui doit empêcher le mercure de pénétrer dans le tube, si une absorption ou un refroidissement subit lui faisait prendre cette route. Enfin, on adapte le collet de caoutchouc. On commence à placer quelques fragmens de charbon allumé sous l'extrémité du tube, et on remplit le reste du cylindre de tôle avec des charbons noirs. On place alors le petit dôme du fourneau ; l'opération marche d'elle-même, et l'incandescence ne se communiquant que progressivement, à mesure que le verre se dilate, il arrive très-rarement que le tube se brise.

Pour certaines substances dans lesquelles la quantité d'hydrogène est très-petite, j'emploie le calomel réduit en poudre, au lieu de peroxide de cuivre. Après avoir intimement mélangé la substance combustible avec cette poudre, on chauffe doucement, et le gaz muriatique qu'on obtient démontre la présence de l'hydrogène ; mais la quantité du gaz acide ne peut pas donner exactement la proportion d'hydrogène, parce qu'une certaine partie de cet élément reste unie avec l'oxigène à l'état d'eau.

Dans plusieurs cas, il est nécessaire de triturer les matières rougies dans le tube, après qu'elles ont été refroidies, et de les chauffer de nouveau pour en opérer la combustion complète.

Analyses de quelques substances.

SUBSTANCES.	Carbone.	Hydrogèn.	Oxigène.	Azote.
Houille (*splent coal*.....	0,7090	0,0430	0,2480	....
— (*cannel coal*)........	0,7222	0,0393	0,2105	0,0208
Résine................	0,7360	0,1290	0,1350	....
Caoutchouc............	0,9000	0,0911	0,0088	....
Camphre..............	0,7738	0,1114	0,1148	....
Alcool (0,812).........	0,4785	0,1224	0,3991	....
Éther (0,700)..........	0,5960	0,0394	0,3404	....
Acide benzoïque........	0,6674	0,0494	0,2832	....
Acide citrique..........	0,3300	0,0463	0,6237	....
Acide tartrique.........	0,3142	0,0276	0,6582	....
Acide oxalique.........	0,1913	0,0476	0,7620	....
Acide ferroprussique	0,3682	0,2789 de fer.	......	0,3529

La houille esquilleuse (*splent coal*), pesanteur spécifique 1,266, contient, abstraction faite de ses cendres incombustibles, environ 7 atomes de carbone, 3 d'hydrogène et 2 d'oxigène.

La houille (*cannel coal*) de Woodhall, près Glascow, pesanteur spécifique 1,218, contient 9 atomes de carbone, 3 d'hydrogène et 2 d'oxigène. Dans ces deux substances il y a un excès de carbone, outre les trois atomes de gaz oléfiant et les 2 d'oxide de carbone : la première contient 2 atomes de carbone en excès, et la seconde 4; aussi trouve-t-on dans les établissemens d'éclairage de Glascow que celle-ci fournit un gaz bien plus riche en lumière.

Je crois la résine composée de 8 atomes de gaz oléfiant et 1 atome d'eau.

Le caoutchouc semble consister en 3 atomes

de carbone et 2 atomes d'hydrogène, ou être l'hydrogène sesquicarboné.

Le camphre est à-peu-près représenté par 9 atomes de gaz oléfiant et 1 atome d'oxide de carbone.

L'alcool, d'une pesanteur spécifique de 0,812, contient 3 atomes de carbone, 5 d'hydrogène et 2 d'oxigène, ou 3 atomes de gaz oléfiant et 2 d'eau; ou, en volume, 3 de gaz oléfiant et 4 de vapeur d'eau : ainsi il diffère de l'alcool absolu en ce qu'il renferme un volume additionnel de vapeur d'eau.

D'après mes expériences, l'éther est composé de carbone 3 atomes, hydrogène 4 et oxigène 1, ou de 3 volumes de gaz oléfiant et 2 volumes de vapeur d'eau, qui, en éprouvant une condensation égale au volume de la vapeur d'eau, donneront une vapeur éthérée dont la densité sera de 2,50. D'après les expériences de M. Th. de Saussure, la composition de l'éther serait 2 volumes de gaz oléfiant et 1 volume de vapeur d'eau condensés en un seul volume, et la densité de l'éther serait par conséquent de 2,58.

L'acide citrique cristallisé contient 2 atomes d'eau de cristallisation.

L'acide tartrique cristallisé est anhydre.

L'acide oxalique cristallisé renferme 3 atomes d'eau de cristallisation. L'acide anhydre, tel qu'il se trouve, par exemple, dans l'oxalate de plomb, ne contient pas du tout d'hydrogène, et est formé de, carbone 2 atomes, oxigène 3, ou acide carbonique 1 atome, oxide de carbone 1 atome, ainsi que M. Dobereiner l'a annoncé le premier.

La composition de l'acide ferroprussique, telle que je l'ai trouvée, ne peut pas être exprimée atomiquement d'une manière simple.

21. *Recherches sur la composition élémentaire et sur quelques propriétés caractéristiques des bases salifiables organiques*; par MM. Dumas et Pelletier. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 163.)

La méthode que nous avons suivie dans nos analyses est celle que la chimie doit à M. Gay-Lussac. Voici comment nous avons opéré :

On prend un tube de verre d'un centimètre de diamètre, d'un millimètre d'épaisseur et de 3 à 4 décimètres de longueur. On introduit dans le fond un mélange de 0g,100 de matière (1), de 2g,600 d'oxide de cuivre (2), et de quelques fragmens de verre : on le recouvre de 0g,500 d'oxide de cuivre pur. On place ensuite une couche de verre, en poudre grossière, d'environ 54 millimètres, au-dessus de laquelle on met une nouvelle dose de mélange semblable à la première; on dispose enfin au sommet une colonne de tournures de cuivre (3) de 54 millimètres au moins. On tire alors à la lampe la partie ouverte du tube, et on enveloppe d'une feuille de clinquant la partie correspondant à la tournure; on adapte enfin à l'extrémité du tube, et au moyen d'un tuyau de caoutchouc, un cylindre plein de muriate de chaux desséché, pesé d'avance : ce cylindre s'ajuste à un tube recourbé, pour recueillir le gaz.

(1) On dessèche la matière en la chauffant à 100° dans le vide, ou même en la faisant fondre également dans le vide lorsque cela est nécessaire.

(2) L'oxide de cuivre doit être parfaitement pur, chauffé au rouge au moment de s'en servir, et pesé chaud.

(3) Pour purifier les tournures de cuivre, on les calcine légèrement, et on les chauffe ensuite dans un tube, à travers lequel on fait passer un courant de gaz hydrogène.

La tournure de cuivre est d'abord portée au rouge, et maintenue à cette température par une lampe à alcool à double courant ; quelques charbons placés autour du tube, au moyen d'une grille légère, rendent facile une élévation de température plus forte, si on le juge nécessaire. On procède alors à la combustion du premier mélange placé au fond du tube, en laissant perdre tout le gaz qui en provient ; il est aisé de s'assurer qu'on chasse parfaitement ainsi tout l'air atmosphérique que contenait l'appareil. Dès que cette première opération est terminée, on chauffe le second mélange et l'on recueille avec soin tout le gaz qui se produit. Pendant qu'on s'occupe de cette seconde combustion, la partie du tube qu'on avait d'abord chauffée se refroidit, et comme il est aisé de disposer les mélanges de manière à leur faire occuper sensiblement le même espace, il en résulte que les conditions de dilatation pour le gaz renfermé dans l'appareil ne varient pas non plus sensiblement : d'où il suit que celui qui se rend dans la cloche représente réellement la quantité fournie par le deuxième mélange ; et comme l'appareil était purgé d'air, la nature du gaz dépend entièrement de la matière brûlée : c'est généralement un mélange d'acide carbonique et d'azote dont il est facile de faire l'analyse.

Ayant déterminé les quantités d'acide carbonique et d'azote, on pèse le cylindre rempli de muriate de chaux, pour avoir la quantité d'eau fournie ; et comme l'eau qui s'est déposée provient de deux doses de matière décomposée, on en recueille généralement une quantité assez considérable. D'après ces données, on pourrait avoir la quantité d'oxigène de la matière soumise à l'analyse, en retranchant du poids de cette

matière celui du carbone, de l'azote et de l'hydrogène (que l'eau représente). Toutefois il nous a semblé convenable de soumettre cette détermination à une vérification suffisamment approchée pour que la valeur attribuée à l'oxigène pût servir à critiquer celle qu'on adopte pour les autres matériaux. Or, il suffit de déterminer pour cela, avec quelque exactitude, la quantité absolue d'oxigène contenue dans l'oxide de cuivre avant et après l'opération : c'est ce que l'on effectue, sans difficulté, au moyen de l'appareil dont suit la description.

Une longue colonne de verre, graduée en centimètres cubiques, porte à son sommet une garniture de cuivre, coudée presqu'à angle droit; à cette garniture est adapté un petit ballon de verre. On place l'oxide dans ce dernier, on remplit tout l'appareil de gaz hydrogène pur, on chauffe l'oxide, qui prend bientôt feu et se réduit complétement en absorbant une quantité de gaz considérable. On ouvre le robinet inférieur de l'appareil, robinet qu'on avait tenu fermé pendant la combustion, afin de prévenir la sortie du gaz; l'eau remonte dans la colonne, et après le refroidissement on mesure l'absorption. Comme les dimensions de l'appareil ne permettent pas de s'en servir pour toute la quantité d'oxide qu'on a employée dans l'opération décrite ci-dessus, on pèse le tube pilé et on en prend une fraction pour l'examiner. Nous prenons le quart de la masse dans les conditions ordinaires de nos expériences et nous faisons deux réductions dont nous prenons la moyenne.

Le tableau suivant présente tous les résultats numériques que MM. Dumas et Pelletier ont obtenus dans leurs expériences.

Noms de la matière.	Résultats de son analyse.				Nombre des atomes.				Résultats calculés.				Acide sulfurique saturé par 100 de base.	Oxigène de cet acide.	Rapport de l'oxigène de la base à celui de l'acide.
	Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oxigène.	Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oxigène.	Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oxigèn.			
Quinine......	75,00	8,45	6,66	10,43	60	3	30	3	75,38	8,72	6,15	9,85	10,915	6,53	3 : 2
Cinchonine.....	76,97	9,02	6,22	7,79	80	4	40	3	77,20	8,93	6,30	7,57	13,021	7,79	1 : 1
Brucine.......	75,04	7,22	6,52	11,21	48	2	24	3	74,53	7,19	6,09	12,19	9,697	5,80	2 : 1
Strychnine.....	78,22	8,92	6,54	6,38	60	3	30	2	77,83	9,02	6,36	6,78	10,486	6,27	1 : 1
Vératrine.......	66,75	5,04	8,54	19,60	30	1	24	3	68,04	5,25	8,89	17,80	6,644	3,97	5 : 1
Emétine........	64,57	4,30	7,77	22,95	30	1	24	4	64,24	4,96	8,39	22,61	»	»	»
Morphine.......	72,02	5,53	7,01	14,84	60	2	40	5	71,23	5,49	7,76	15,52	12,465	7,46	2 : 1
Narcotine.....	68,88	7,21	5,91	18,00	20	1	10	2	68,54	7,93	5,60	17,93			
Caféine........	46,51	21,54	4,81	27,14	5	1	3	1	47,97	22,21	4,72	25,10			

22. *Sur l'incertitude que présentent quelques résultats de l'analyse chimique*; par M. Longchamp. (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 155 et 223.)

M. Longchamp a fait, sur la précipitation de l'acide sulfurique et des sulfates par le nitrate et le muriate de baryte, du nitrate d'argent par l'acide muriatique et les muriates, des carbonates alcalins par les nitrate et muriate de chaux, etc., un grand nombre d'expériences, desquelles il tire les conclusions suivantes :

L'analyse des sels présente une incertitude dont il est difficile d'apprécier aujourd'hui toute l'étendue, et dont la cause, jusqu'à présent inaperçue, tient à ce que les sulfates de baryte et de plomb, ainsi que le muriate d'argent, entraînent avec eux, dans leur précipitation, une partie quelconque des élémens au milieu desquels ils se forment : si l'on rapproche de cette observation l'incertitude que m'a présentée le carbonate de chaux, obtenu de la décomposition des sels calcaires et qui probablement tient à la même cause, l'on sera sans doute porté à admettre, comme loi générale, que *toutes les fois qu'un sel insoluble se forme au milieu d'un liquide, il entraîne une portion quelconque des substances au milieu desquelles il a pris naissance.* Cette observation, très-importante pour la chimie, le sera peut-être également pour la géologie, en ce qu'elle peut souvent faire connaître dans quelles circonstances s'est formée une masse minérale; car il est probable que les substances que l'analyse chimique aura fait découvrir en petite quantité dans les minéraux, ont été entraînées lors de la précipitation des

masses minérales et que, par conséquent, ces substances étaient dissoutes en quantité plus ou moins grande dans le liquide où ces masses ont pris naissance.

Il résulte des expériences que j'ai rapportées que le nitrate de baryte doit être proscrit de nos laboratoires; car il donne des résultats beaucoup plus incertains que ceux obtenus par le muriate.

Il en est de même du nitrate de plomb, et même je le crois encore plus infidèle que le nitrate de baryte. M. Berzelius en a fait un très-fréquent usage, particulièrement pour l'analyse des acides végétaux, et je crois que, malgré le soin qu'il a mis de ne point employer le nitrate de plomb en excès, il n'a cependant pu obtenir que des résultats qui doivent être affectés d'erreurs graves : aussi les analyses des substances végétales faites par M. Berzelius diffèrent-elles souvent de celles faites par d'autres chimistes.

Les sous-carbonates alcalins ne peuvent pas être employés non plus pour estimer avec précision la quantité de chaux dissoute par un acide qui contiendrait un liquide, et les sels calcaires ne peuvent, dans aucune circonstance, servir à estimer la quantité de sous-carbonate alcalin qu'une dissolution saline pourrait contenir.

Enfin, il résulte de mon travail que, quand bien même on parviendrait, par des méthodes rigoureuses, à déterminer les proportions des sels, l'analyse chimique, en général, n'en présenterait pas moins une très-grande incertitude; car, quand vous posséderiez, par exemple, une analyse du sulfate de baryte irréprochable, il n'en est pas moins vrai que, lorsque vous verserez du muriate de baryte dans une dissolution saline

quelconque pour en séparer l'acide sulfurique, le sulfate de baryte, qui, par son poids, est destiné à vous faire connaître la quantité de cet acide, ayant entraîné, dans sa précipitation, une certaine portion des élémens avec lesquels il était en contact lors de sa formation, ne vous donnera jamais que des résultats plus ou moins éloignés de la vérité, puisque son poids est compliqué de celui des matières étrangères qu'il a entraînées.

---

23. *Propriétés de quelques tartrates métalliques*; par M. Henri Role. (Ann. de Ch., tom. XXIII, p. 356.)

On sait qu'une dissolution de peroxide de fer, contenant de l'acide tartrique, ne peut être précipitée par les alcalis caustiques ni par leurs carbonates ou succinates : il n'y a que la noix de galle, les dissolutions de cyanure de potassium et de fer, et les hydrosulfures alcalins qui indiquent la présence du fer. Les dissolutions de beaucoup d'oxides, contenant de l'acide tartrique, possèdent également la propriété de n'être précipitées ni par les alcalis ni par leurs carbonates. Dans ce nombre, se trouvent l'oxide de titane, l'alumine, l'oxide de manganèse, l'oxide de cérium, l'yttria, l'oxide de nickel, l'oxide de cobalt, la magnésie, le protoxide de fer, l'oxide de plomb (dissous dans l'acide nitrique), l'oxide de cuivre, et enfin l'oxide d'antimoine, dont les dissolutions, contenant de l'acide tartrique, ne sont pas même troublées par l'eau. J'ai employé cette propriété de l'oxide d'antimoine avec beaucoup de succès pour les analyses des sels et des minéraux d'antimoine. Quoique l'oxide de bismuth ne partage pas cette propriété, on ne peut cependant pas le

séparer exactement de l'oxide d'antimoine par ce moyen.

Les acides phosphorique et arsénique sont les seuls qui, dans quelques circonstances, puissent, comme l'acide tartrique, empêcher la précipitation des oxides métalliques par les alcalis.

---

24. *Sur la préparation de l'iodure de potassium;* par M. Caillot, *pharmacien.* (Ann. de Ch., t. XXII, p. 135.)

Je prends 2 parties d'iode, une de limaille de fer non rouillée et environ 10 d'eau; je mets ces trois substances dans une capsule de porcelaine, en commençant par l'iode et l'eau; je remue jusqu'à ce que la liqueur, qui devient bientôt d'une couleur brune foncée, soit incolore : alors je place la capsule sur le feu, et lorsque le liquide y est en ébullition, j'y verse peu-à-peu, en agitant à chaque fois, une dissolution de sous-carbonate de potasse pur, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de précipité; ou bien j'ajoute un léger excès de carbonate, que je sature avec de l'acide hydriodique après avoir filtré. Je décante sur un filtre, et je lave le résidu, tant que l'eau de lavage précipite par le deutochlorure de mercure: je réunis toutes les liqueurs, et je fais évaporer à pellicule.

On peut aussi préparer les iodures de sodium, de barium, de strontium, de calcium, de magnésium et de mercure, en faisant bouillir l'iodure de fer, qui, comme on vient de le voir, peut être fait extemporanément, avec la soude, la baryte, la strontiane, la chaux et la magnésie, ou avec les carbonates de ces bases, et avec le

protonitrate et le deutochlorure de mercure. Tous les iodures se combinent avec le cyanure de mercure, et donnent lieu à des composés plus ou moins solubles.

---

25. *Note sur les combinaisons de l'acide chromique avec la potasse;* par M. F. Tassaert fils. (Ann. de Ch., t. XXII, p. 51.)

Il n'existe pas de chromate neutre de potasse à l'état solide. Le chromate du commerce, que l'on regardait comme tel, est un sous-chromate.

Lorsqu'on met à cristalliser une dissolution de sous-chromate de potasse que l'on a rendue parfaitement neutre en y ajoutant une quantité suffisante d'acide nitrique, on obtient un mélange confus de nitrate de potasse en prismes et de bichromate de potasse en paillettes d'un jaune orangé, ou en écailles rouges brillantes, ou même quelquefois en petits prismes d'un très-beau rouge : les eaux-mères sont fortement alcalines; concentrées à une douce chaleur, après vingt-quatre heures de repos, elles fournissent encore du nitre et du bichromate si elles ont conservé une teinte rouge; mais quand une fois elles ont perdu cette teinte pour devenir d'un jaune citron pur, elles ne produisent plus que du sous-chromate de potasse, cristallisé en petits prismes rhomboïdaux, et un peu de nitre.

Le chromate acide est beaucoup moins soluble que le sous-chromate : de là vient que si, dans une dissolution saturée ou presque saturée de chromate alcalin, on verse quelques gouttes d'acide, il se forme de suite un dépôt abondant de chromate acide.

Lorsqu'une dissolution de chromate contient du nitre, on peut en séparer ce sel assez facilement en ajoutant à la liqueur un excès d'alcali; en la faisant ensuite concentrer, tout le nitre cristallise en petits prismes bien formés, et n'entraîne avec lui que très-peu de chromate, tandis que lorsqu'on sature d'abord la dissolution de manière à la rendre neutre, et qu'on l'évapore ensuite, comme le sel qui se forme et le nitre ont à-peu-près la même solubilité, ils se précipitent ensemble et ne peuvent être séparés. Le contraire a lieu lorsque le chromate neutre est converti en sous-sel; il devient beaucoup plus soluble, et laisse précipiter le nitre en premier.

Cependant, pour obtenir ce chromate entièrement privé de nitre, il faut avoir recours au moyen suivant : on fait fondre, dans un creuset d'argent, le sel desséché, et l'on y projette du charbon en poudre à petites doses, jusqu'à ce qu'il ne se manifeste plus de déflagration vive. On est averti de l'entière décomposition du nitre lorsque la matière, qui d'abord éprouve une fusion très-facile, et brûle le charbon avec énergie en se gonflant très-rapidement, devient pâteuse et ne présente plus de vive combustion : il se forme un peu d'oxide vert de chrome; mais lorsque l'on opère bien, la quantité en est fort petite.

L'acide acétique convertit les dissolutions de chromate neutre en mélange de chromate acide et de sous-chromate; il est sans action sur ce dernier sel, mais il réagit peu-à-peu sur le chromate acide, sur-tout à l'aide de la chaleur, et il l'amène à l'état de sous-chromate, en transformant une partie de son acide en oxide de chrome.

Le chromate de baryte est sensiblement soluble dans l'eau ; c'est une circonstance à laquelle il faut avoir égard quand on fait l'analyse des chromates par le moyen des sels de baryte ; une goutte d'acétate de baryte, ou une petite quantité d'alcool, ajoutée à l'eau de lavage, prévient cette dissolution.

J'ai trouvé les chromates cristallisés composés de

	Chromate acide.	Sous-chromate.
Acide chromique . .	0,674	0,520
Potasse	0,326	0,480

---

26. *Sur le titane métallique ;* par M. Wollaston. (Trans. phil., 1re. partie. 18·3, p. 17.)

On trouve, de temps à autre, dans les laitiers de quelques hauts-fourneaux d'Angleterre, qui sont alimentés par le fer carbonate argileux des houillères, de petits grains cubiques, d'un rouge de cuivre tirant sur le jaune, doués d'un grand éclat métallique, et si durs, qu'ils raient le cristal de roche. Ils conduisent très-bien l'électricité; ils se comportent avec le borax comme un métal; mais lorsqu'ils ont été traités par le nitre, ils s'y dissolvent comme ferait l'oxide de titane. Ils présentent d'ailleurs, avec les divers réactifs, toutes les réactions du titane. Il paraît donc hors de doute que ces cristaux sont composés de titane pur à l'état métallique (1). Jusqu'ici l'exis-

(1) On dit qu'on trouve aussi quelquefois du titane métallique en grains cubiques dans les laitiers des hauts-fourneaux de la Silésie, dans lesquels on traite des minerais des houillères, comme en Angleterre: ces minerais contiennent donc du titane. R.

tence du titane métallique était restée douteuse, car M. Laugier qui l'avait annoncée n'en avait donné aucune preuve.

---

27. *Sur le titane*; par M. Henry Rose. (Extrait des Mémoires de l'Académie des Sciences de Stockholm pour l'an 1821.)—(Ann. de Ch., t. XXIII, p. 353.)

J'ai employé pour toutes mes expériences un oxide de titane provenant du rhutile de Saint-Yriex, département de la Haute-Vienne.

Les acides forts, même concentrés, n'attaquent pas le rhutile; l'acide hydrochlorique et l'eau régale lui enlèvent seulement un peu de fer. J'essayai de séparer l'oxide de fer du rhutile, en faisant passer du gaz hydrochlorique sur sa poudre tenue au rouge : il se sublima une quantité assez considérable de chlorure de fer; mais l'oxide de titane ne fut pas complétement purifié. Préparation.

Je fis fondre ensuite dans un creuset de platine du rhutile en poudre avec trois fois son poids de carbonate de potasse. Je délayai dans l'eau, et je lavai sur un filtre pour enlever l'excès d'alcali; l'eau de lavage resta claire tant qu'elle contint du carbonate de potasse, mais elle devint un peu trouble dès que ce sel en fut complétement séparé.

La combinaison d'oxide de titane et de potasse insoluble dans l'eau fut traitée avec de l'acide hydrochlorique, dans lequel elle se dissout aisément, moyennant une digestion tempérée. La liqueur, étendue d'eau, fut soumise à l'ébullition, ce qui occasionna la séparation de la plus grande partie de l'oxide de titane. Cet oxide

passa à travers le filtre lorsqu'on essaya de le laver avec de l'eau pure; mais cet effet n'a pas lieu lorsqu'on se sert pour opérer le lavage d'eau aiguisée d'acide hydrochlorique.

L'oxide, ainsi préparé et rougi au feu, a une couleur jaunâtre, qu'il doit à une petite quantité d'oxide de fer qu'il retient encore. Pour l'avoir tout-à-fait pur, on est obligé de l'enlever de dessus le filtre pendant qu'il est encore humide, de le faire bouillir avec de l'acide hydrochlorique et de l'eau, de filtrer de nouveau, et de le laver avec de l'eau acide. Je n'ai même pu parvenir à obtenir un oxide parfaitement blanc, qu'en lui faisant subir six fois cette opération.

La longueur de cette méthode et la perte qu'elle occasionne m'engagèrent à en chercher une autre : celle qui suit me réussit parfaitement.

On fait dissoudre dans l'acide hydrochlorique la combinaison d'oxide de titane et de potasse, obtenue de la manière qui vient d'être décrite; on précipite l'oxide de fer et l'oxide de titane contenus dans la dissolution par l'ammoniaque caustique : on lave le précipité et on le met encore humide dans un flacon; on verse dessus de l'hydrosulfure d'ammoniaque, et on le laisse en digestion pendant un certain temps, en tenant le flacon bien bouché. Si le ruthile contenait de l'oxide d'étain, celui-ci se dissout, et le peroxide de fer est changé en sulfure de fer : en versant sur la matière de l'acide hydrocholorique étendu, le sulfure de fer se dissout et l'oxide de titane reste pur.

Propriétés de l'oxide pur.

Cet oxide, lavé, et rougi au feu, est parfaitement blanc; il est inattaquable par les acides lorsqu'il a été calciné : ce qui n'arrive pas à l'oxide pré-

paré par l'ébullition des dissolutions dans l'acide hydrochlorique. Mis en contact avec du papier bleu de tournesol, et humecté d'une goutte d'eau, il devient rougeâtre, sans cependant que la couleur du papier soit affectée. Il forme avec les alcalis des combinaisons où il joue absolument le rôle d'un acide : il est vrai qu'il se combine aussi avec les acides ; mais ces combinaisons doivent être considérées plutôt comme des acides doubles que comme de véritables sels. Il possède par conséquent les quantités les plus prononcées d'un corps *électro-négatif* ; en conséquence je le désignerai, par la suite, par le nom d'*acide titanique*, qui lui convient mieux que celui d'oxide de titane.

L'acide titanique, comme l'acide tantalique et la silice, est un des acides les plus faibles à la température ordinaire. Ses affinités peu prononcées empêchent de bien reconnaître ses propriétés ; l'analyse d'aucun corps ne présente autant de difficultés.

MM. Hecht, Vauquelin et Laugier ont essayé sans succès de réduire l'acide titanique par le charbon ; MM. Stodart et Faraday n'ont pu l'allier avec le fer; je n'ai pas été plus heureux en cherchant à le réduire par le zinc. L'hydrogène, non plus que l'hydrogène sulfuré, ne l'attaquent nullement; le sulfure de potassium ne le transforme pas en sulfure de titane. Je n'ai pu enfin obtenir un bon résultat qu'en faisant passer du carbure de soufre à travers de l'acide titanique placé dans un tube de porcelaine, exposé à un feu très-violent : encore l'expérience est-elle fort difficile à faire, et n'est-ce qu'après beaucoup d'essais infructueux que je suis parvenu à prépa-

Réduction.

Sulfure.

rer du sulfure de titane non mélangé d'acide titanique.

Ce sulfure est d'un vert foncé ; au moindre contact avec un corps dur, il prend un éclat métallique très-fort, semblable à celui du cuivre jaune. Chauffé au contact de l'air, il s'allume, brûle avec une flamme de soufre, et se change en acide titanique. L'acide nitrique l'attaque avec production de chaleur.

Analyse du sulfure et de l'acide titanique.

Pour analyser le sulfure de titane, j'en ai fait brûler un poids déterminé sur une feuille de platine, chauffée par une lampe à esprit de vin à double courant. Comme, dans la combustion, un atome de soufre est remplacé par un atome d'oxigène, j'ai pu, d'après le poids de l'acide titanique obtenu, calculer la composition de cet acide et du sulfure. Je me suis d'ailleurs assuré que le degré d'oxidation du titane dans l'acide titanique correspond à son degré de sulfuration, en faisant digérer le sulfure dans une dissolution de potasse caustique ; car, après la décomposition, qui fut prompte, et après la séparation du titanate de potasse insoluble qui se forma, je reconnus que l'hydrosulfure de potasse que contenait la liqueur, laissait dégager par les acides de l'hydrogène sulfuré pur sans dépôt de soufre.

Le résultat déduit de mes expériences, que je crois le plus exact, est celui-ci :

Acide titanique.	Titane.. . .	0,6605	100
	Oxigène....	0,3395	51,40
		1,0000	
Sulfure..	Titane.. . .	0,4917	100
	Soufre. . . .	0,5083	103,37
		1,0000	

Lorsque l'on fond de l'acide titanique avec du carbonate de potasse ou du carbonate de soude en excès, il se forme deux couches distinctes: la couche supérieure se compose du carbonate alcalin superflu, et la couche inférieure de titanate neutre. En traitant le titanate neutre par l'eau, il s'en sépare du titanate acide, qui est insoluble; l'eau de lavage reste limpide aussi long-temps qu'elle contient du carbonate alcalin, mais elle devient trouble lorsque ce sel y a disparu; inconvénient qui peut être évité en étendant le liquide avant de le filtrer avec beaucoup d'eau. Les titanates acides, desséchés, ne sont pas complétement décomposés par l'acide hydrochlorique concentré: ils se changent en titanates très-acides. **Titanates alcalins.**

Pour analyser les titanates neutres, afin d'en déduire la capacité de saturation de l'acide titanique, j'ai fait fondre une certaine quantité de cet acide avec un excès de carbonate de soude, et j'ai déterminé la quantité d'acide carbonique qui s'est dégagée. L'opération est difficile à faire; je ne réussis qu'en prenant un grand nombre de précautions. J'ai été obligé de n'employer qu'une très-petite quantité de matière, d'en faire la fusion sur une lampe à double courant à esprit de vin, et de me servir d'une balance sensible au poids d'un demi-milligramme. J'ai trouvé que la quantité d'oxigène contenue dans l'acide carbonique qui se dégage, est égale à celle que renferme l'acide titanique employé. Il suit de là que, dans les titanates neutres, la quantité d'oxigène de la base est à la quantité d'oxigène de l'acide : : 1 : 2, ainsi que dans les carbo- **Décomposition.**

nates et dans les silicates, et que la capacité de saturation de l'acide titanique est de 16,98.

Il est difficile de déterminer le point de saturation des titanates acides : la quantité de l'oxigène de l'acide titanique est plus de six fois plus grande que celle de l'oxigène de la base.

Le titanate acide de soude contient,

Acide titanique..	0,7473..	0,8315
Soude...........	0,1514..	0,1685
Eau............	0,1013..	
	1,0000..	1,0000

Dans le titanate très-acide, il reste 0,0344 à 0,0380 de soude.

Le titanate acide de potasse contient,

Acide titanique......	0,8199 à	0,8267
Potasse.............	0.1801	0,1733
	1,0000	1,0000

Il y a dans le titanate très-acide environ 0,087 de potasse.

En versant de l'acide sulfurique, arsénique, phosphorique, oxalique ou tartrique dans une dissolution étendue de titanate acide de potasse dans l'acide muriatique, on obtient des précipités, qui sont des combinaisons d'oxide de titane et d'acide. Ces combinaisons sont solubles dans les acides. Les acides nitrique, acétique et succinique ne donnent point de précipités.

Combinaison de l'acide titanique avec les acides: acide sulfurique.

La combinaison de l'acide titanique avec l'acide sulfurique attire très-promptement l'humidité de l'air; elle rougit fortement les couleurs bleues : la chaleur en sépare aisément l'eau et l'acide sulfurique. Elle se dissout dans l'acide hy-

drochlorique concentré : on peut en faire l'analyse en précipitant de cette dissolution l'acide titanique par l'ammoniaque, et ensuite l'acide sulfurique par le chlorure de barium.

Deux expériences me donnèrent les résultats suivans :

Acide titanique	0,7683	0,7650
Acide sulfurique	0,0778	0,0756
Eau	0,1539	0,1594
	1,0000	1,0000

Les combinaisons de l'acide titanique avec les acides arsénique et phosphorique ressemblent à l'alumine; desséchées, elles sont luisantes comme la gomme arabique. Arsénique et phosphorique.

La combinaison de l'oxide titanique avec l'acide oxalique est facilement décomposée par le feu. Pour l'analyser, je fis un petit ballon d'un tube de verre et j'en déterminai le poids; après y avoir mis la combinaison, je le pesai de nouveau, et lui ayant donné la forme d'une cornue, il fut réuni à un autre petit ballon par un tube élastique, qui communiquait à un tube de verre rempli de chlorure de calcium, moyennant un second tube élastique. La cornue fut chauffée ensuite; l'eau se condensait en partie dans le ballon et en partie sur le chlorure de calcium, et les gaz se dégagèrent. Deux essais donnèrent : Oxalique.

Acide titanique	0,7442	0,7377
Acide oxalique	0,1025	0,1056
Eau	0,1533	0,1567
	1,0000	1,0000

La combinaison de l'acide titanique avec l'acide tartrique a beaucoup d'analogie avec la précédente. En la faisant rougir sans le contact de l'air,

elle donne une poudre noire d'un aspect métallique, qui est peut-être du carbure de titane.

Les dissolutions de titane dans lesquelles on introduit de l'acide tartrique ne peuvent être précipitées ni par les carbonates alcalins, ni par l'ammoniaque caustique.

Silice. En faisant fondre de l'acide titanique pur et un excès de silice avec du carbonate de potasse, et en délayant la masse fondue avec de l'eau, l'excès de silice se dissout, et on obtient une combinaison insoluble d'acide titanique, de silice et de potasse. Elle se dissout facilement, même à une température ordinaire, dans l'acide hydrochlorique. La dissolution, étendue d'eau et portée à l'ébullition pendant un certain temps, forme sur sa surface une pellicule qui se précipite à mesure. On peut assez bien séparer l'acide titanique de la silice, en précipitant par l'ammoniaque une dissolution de ce sel double dans l'acide hydrochlorique, en séchant le précipité à une chaleur très-modérée, et en le traitant ensuite par l'acide hydrochlorique concentré.

Le sel double dont nous venons de parler est d'autant plus remarquable, que le titanite (sphène) lui est analogue. D'après l'analyse que j'ai faite du titanite d'Arendal et de Gustafsberg, ce minéral a pour formule $CS^3 + CT^3$.

Oxide de titane bleu. En soumettant l'acide titanique avec un flux à la flamme intérieure du chalumeau, on obtient un verre bleu. Si l'on met du zinc dans une dissolution muriatique, limpide de titanite acide de potasse, la liqueur devient bleue, et il s'y forme un précipité bleu, lorsque après avoir ôté le zinc, on laisse le vase bien bouché. Ce précipité bleu paraît être un oxide de titane; il de-

vient promptement blanc, même dans des vases clos. Quand on le forme en versant de l'ammoniaque dans une liqueur bleue, il perd peu-à-peu sa couleur, et il se dégage du gaz hydrogène de la dissolution. L'oxide de titane a donc la propriété de décomposer l'eau lorsqu'il est en présence d'un alcali, sans doute à cause de l'affinité de ceux-ci par l'acide titanique. Je n'ai pu, par aucun moyen, déterminer la composition de cet oxide.

Poids de l'atome du titane.

L'acide titanique, quelque paradoxal qu'il soit d'ailleurs, ne ressemble à aucun oxide autant qu'à l'oxide d'étain. Ces deux corps dégagent des carbonates alcalins une quantité d'acide carbonique qui contient autant d'oxigène qu'ils en renferment; après avoir été rougis au feu, ils sont insolubles dans les acides les plus forts : d'après l'observation de M. Mitscherlich, ils ont pour forme primitive le même octaèdre à base carrée, et ils produisent des hémitropies semblables, etc. Ces considérations font croire qu'ils doivent renfermer le même nombre d'atomes d'oxigène: si donc on en admet 4, comme M. Berzelius l'a fait pour le peroxide d'étain, l'atome de titane pèsera 778,20.

---

28. *Note sur la présence de l'ammoniaque dans les oxides de fer formés dans l'intérieur des maisons habitées;* par M. Vauquelin. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 99.)

La rouille qui se forme sur le fer dans l'intérieur des maisons est susceptible d'absorber les vapeurs ammoniacales qui s'y développent, et de les retenir assez fortement. Lorsqu'on fait chauf-

fer cette rouille dans un tube de verre fermé par un bout, l'ammoniaque se dégage, et l'on peut en reconnaître la présence en plaçant à l'entrée du tube une bande de papier de tournesol rougie par un acide et mouillée; ce papier redevient bleu. La rouille de fer peut absorber aussi l'acide sulfureux et les vapeurs animales.

---

29. *Sur un sulfate de fer et d'ammoniaque analogue à l'alun*; par M. Forchammer. (Ann. of Phil., vol. V, p. 406.)

Ayant préparé une dissolution d'or par le moyen de l'acide nitrique et du sel ammoniac, et en ayant précipité l'or par le sulfate de fer, je fis évaporer le liquide en consistance sirupeuse, et je l'abandonnai à lui-même pendant un mois. Au bout de ce temps, il s'y était formé de beaux octaèdres d'une couleur jaune de vin, qui, après plusieurs cristallisations successives, devinrent parfaitement incolores.

Ce sel est soluble dans environ trois fois son poids d'eau à 15°; il est composé de :

Sulfate de peroxide de fer .	0,4195 .	3 atomes.
Sulfate d'ammoniaque....	0,1211 .	1
Eau..............	0,4594 .	24
	1,0000	

Il est analogue en tout à l'alun ammoniacal. Ce résultat est favorable à l'opinion de M. Mitscherlich relativement à l'isomorphisme du peroxide de fer et de l'alumine.

---

30. *Sur une couleur verte;* par M. le Dr. Liebig. (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 412.)

M. Braconnot a donné un procédé pour la préparation de la couleur appelée *vert de Schweinfurth*, *vert de Mitis*, ou *vert de Vienne* (1); mais ce procédé est long et dispendieux. En voici un qui m'appartient, et qui est bien préférable:

On dissout à chaud, dans une chaudière de cuivre, une partie de vert-de-gris dans une suffisante quantité de vinaigre pur, et on ajoute une dissolution aqueuse d'une partie d'arsenic blanc: il se forme un précipité d'un vert sale. Alors on verse une nouvelle quantité de vinaigre, jusqu'à ce que ce précipité soit entièrement redissous. On fait bouillir le mélange, et il s'en sépare, après quelque temps, un précipité cristallin grenu, d'un vert de la plus grande beauté, qui n'est autre chose que la couleur en question.

Cette couleur a une teinte bleuâtre. On peut lui donner une teinte jaunâtre, d'ailleurs éclatante et très-belle, en la faisant chauffer à un feu modéré avec le dixième de son poids de potasse du commerce, dissoute dans une suffisante quantité d'eau.

---

31. *Note sur un sel quadruple formé pendant la précipitation du cadmium par le zinc;* par M. F. Tassaert. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 100.)

Pour séparer le cadmium des métaux qui l'accompagnent, M. Wollaston fait dissoudre la mine de zinc dans l'acide sulfurique, précipite le cuivre

---

(1) *Annales des Mines,* t. VII, p. 171.

par le fer, et sépare ensuite, au moyen du zinc, le cadmium resté seul avec ce métal.

Ayant, dans une expérience pareille, ajouté de l'ammoniaque à la dissolution, on remarqua que, dès que la liqueur commença à se saturer par le zinc, il se déposa sur les lames de ce métal des cristaux blancs, transpareus, qui augmentèrent rapidement de volume. M. Delafosse a reconnu que leur forme est exactement celle de la variété d'alun que M. Haüy appelle *primitive segminiforme*: ils sont très-durs, assez solubles dans l'eau, à laquelle ils communiquent une saveur astringente très-forte. La dissolution est neutre et incolore : elle se décompose promptement au contact de l'air, et laisse déposer du peroxide de fer.

J'ai analysé ces cristaux, et j'ai trouvé qu'ils sont composés de trois sels, unis dans les proportions suivantes:

Protosulfate de fer........	0,0316
Sulfate de zinc..........	0,3900
Sulfate d'ammoniaque....	0,2694
Eau de cristallisation.....	0,3090
	1,0000

---

32. *Mémoire sur l'argent et le mercure fulminans*; par le D^r. Just Liebig. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 294.)

Pour préparer l'argent fulminant, je fais dissoudre 1 gros d'argent fin dans ½ once d'acide nitrique à 1,52; j'y verse ensuite 2 onces d'alcool à 0, 85, et je chauffe le tout peu-à-peu dans un matras jusqu'à l'ébullition : dès que je vois apparaître les premiers flocons blancs cristallins,

j'éloigne le vase du feu, et je l'abandonne à lui-même jusqu'à ce qu'il se soit refroidi. L'ébullition continue encore quelque temps, et le précipité augmente considérablement.

L'argent fulminant ainsi préparé se présente sous la forme d'aiguilles cristallines blanches et soyeuses : il détonne fortement par un petit choc, ainsi que par la chaleur et par le contact de l'acide sulfurique concentré ; il se dissout complétement dans 36 fois son poids d'eau bouillante, et il cristallise par refroidissement ; il a une saveur métallique désagréable ; il ne rougit point le tournesol, et se comporte en général comme un sel neutre : par l'exposition à l'air, il devient rougeâtre, puis noir.

Je prépare le mercure fulminant par le procédé d'Howard, en dissolvant 100 grains de mercure dans $\frac{1}{2}$ once d'acide nitrique concentré, et en ajoutant à la dissolution 2 onces d'alcool. Il se dégage de l'éther, qui entraîne une petite quantité de mercure en vapeur. La préparation, purifiée par cristallisation, est en cristaux parfaitement blancs, soyeux, doux au toucher ; sa saveur est métallique et douceâtre : elle détonne fortement par le choc, en produisant une lumière rougeâtre très-vive.

La potasse, la soude, la baryte, la strontiane, la chaux et la magnésie décomposent l'argent fulminant sans dégagement d'ammoniaque ni d'aucun gaz ; il s'en sépare 0,3125 d'oxide d'argent. L'ammoniaque dissout en totalité l'argent fulminant. Les dissolutions présentent tous les caractères de sels formés d'un acide particulier combiné avec la base employée pour opérer la composition. J'appellerai ces sels *fulminates* : l'argent fulminant

est donc un sel à base d'oxide d'argent, ou un *fulminate* d'argent.

On se procure l'acide des fulminates en décomposant un de ces sels par l'acide nitrique sans excès. C'est une poudre blanche, très-acide, soluble dans l'eau bouillante, et qui cristallise par refroidissement. Cet acide renferme une grande proportion d'argent, comme principe essentiel. Cependant on ne peut séparer l'argent des fulminates par les muriates, ni par les chromates, les prussiates, ou les carbonates, on n'y parvient qu'à l'aide de l'acide muriatique concentré : il se forme alors du muriate d'argent et du muriate d'ammoniaque, et il se dégage beaucoup d'acide hydrocyanique et d'acide carbonique.

Le *fulminate de potasse* cristallise en belles lames allongées, blanches et métalliques. Il est soluble dans 8 parties d'eau bouillante, et il détonne très-fortement.

Le *fulminate de soude* cristallise en lamelles arrondies, brunes, rougeâtres, métalliques.

Les *fulminates de baryte et de strontiane* cristallisent en grains d'un blanc sale peu solubles : ils détonnent fortement.

Le *fulminate de chaux* cristallise en grains jaunes, très-lourds et très-solubles, même à froid.

Le fulminate de magnésie est ou en poudre insoluble d'un beau rose, qui ne détonne pas, ou en cristaux filamenteux, qui ressemblent à de l'argent capillaire et qui détonnent très-fortement.

Le *fulminate d'ammoniaque* s'obtient en cristaux grenus d'un blanc éclatant, très-peu solubles, et qui ont un goût métallique piquant : ces cristaux détonnent d'une manière terrible, même lorsqu'on les touche sous l'eau.

L'acide fulminique se combine avec les acides métalliques, avec lesquels il produit des sels fulminans.

Lorsqu'on traite le fulminate d'argent par le mercure, le cuivre, le zinc ou le fer, il se produit d'abord des sels semblables à ceux que l'on obtient en combinant directement l'oxide de ces métaux avec l'acide du fulminate d'argent; mais si l'action des métaux est prolongée, tout l'argent se sépare, et l'on obtient de nouveaux sels fulminans, qui ne contiennent que le métal précipitant.

Le *fulminate de mercure* a des propriétés analogues à celles du fulminate d'argent; il est composé d'oxide de mercure et d'un acide qui renferme aussi du mercure, comme principe essentiel. Il est assez difficile d'obtenir les fulminates mercuriels de diverses bases à l'état de pureté. Le fulminate de mercure est décomposé par les métaux, comme le fulminate d'argent.

---

53. *Propriétés nouvelles et remarquables, reconnues au sous-oxide de platine, au sulfure oxidé et à la poussière du même métal;* par M. Dobereiner. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 91.)

J'ai déjà fait voir que le sous-oxide de platine, préparé par le procédé de M. E. Davy, et le sulfure oxidé du même métal, obtenu en laissant quelques instans au contact de l'air le précipité que l'hydrogène sulfuré forme dans les dissolutions de platine, possèdent la propriété de disposer l'alcool dont ils sont imbibés, à se convertir, aux dépens de l'oxigène de l'air, en vinaigre et en eau.

Les gaz combustibles sont absorbés par le sous-oxide et par le sulfure oxidé de platine; mais le gaz oxigène et le gaz acide carbonique ne sont pas affectés.

100 grains de sous-oxide absorbent 15 à 20 pouces cubes de gaz hydrogène, et il se developpe assez de chaleur pour faire rougir le sous-oxide et pour faire brûler le gaz hydrogène, lorsque ce gaz est mêlé d'avance avec du gaz oxigène, ou avec de l'air atmosphérique.

Le sulfure oxidé de platine, mis en contact avec le gaz oxide de carbone, absorbe du carbone et convertit ce gaz en acide carbonique.

La poussière spongieuse de platine obtenue du muriate ammoniacal, n'absorbe pas le gaz hydrogène pur; mais lorsque ce gaz est mêlé avec de l'oxigène ou avec de l'air atmosphérique, il se forme de l'eau, et le métal s'échauffe jusqu'à devenir rouge blanc. Pour faire ces expériences, je mêle maintenant la poussière de platine avec de l'argile à potier, et j'humecte ce mélange, pour en former de petites boules de la grosseur d'un pois; je laisse ces boules se sécher à l'air, et ensuite je les chauffe, jusqu'à l'incandescence, à la lampe de l'émailleur. Ces boules, quoique ne pesant que de 2 à 6 grains, sont capables de convertir en eau un volume quelconque de gaz détonnant, pourvu qu'après chaque opération on ait le soin de les dessécher, et elles peuvent servir au même usage indéfiniment. Ce phénomène doit être regardé comme un procédé électrique résultant d'une chaîne, dans laquelle l'hydrogène représente le zinc, et le platine l'autre métal: c'est le premier exemple d'une chaîne élec-

trique formée d'une substance gazeuse avec un corps solide.

Les gaz hydrogènes composés, tels que l'ammoniaque, le gaz oléfiant, l'hydrogène carburé, le gaz hydrochlorique, etc., ne sont pas déterminés par la poussière de platine à s'approprier l'oxigène.

La poudre noire de platine, que le zinc précipite de la dissolution de ce métal, et qui est un mélange d'oxidule de platine et de platine réduit, a la propriété de transformer peu-à-peu, avec le concours de l'oxigène, l'alcool en acide acétique.

Parmi les autres métaux que j'ai essayés jusqu'à présent, je n'ai trouvé que le nickel, tel qu'on l'obtient en décomposant son oxalate, qui ait la propriété de transformer le mélange d'hydrogène et d'oxigène en eau; mais cela n'a lieu que lentement.

---

54. *Note sur la propriété que possèdent quelques métaux, de faciliter la combinaison des fluides élastiques*; par MM. Dulong et Thénard. (An. de Ch., t. XXIII, p. 440.)

La belle découverte de M. Dobereiner nous a suggéré l'idée de faire quelques expériences, dont nous soumettons les résultats à l'académie.

Le platine en éponge fait détonner un mélange de deux parties de gaz hydrogène et d'une partie de gaz oxigène. Si le mélange contient un des gaz en excès ou un gaz étranger, la combinaison se fait lentement, et l'on voit l'eau se condenser sur la cloche. L'éponge de platine fortement calcinée

perd la propriété de devenir incandescente; mais, dans ce cas, elle produit lentement et sans élévation très-sensible de température la combinaison des deux gaz.

Le platine en poudre ou en fils est sans action sur le gaz. Une feuille de platine extrêmement mince, enroulée sur un cylindre de verre, et suspendue dans un mélange détonnant, ne produit aucun effet : la même feuille chiffonnée, comme une bourre de fusil, agit instantanément, et fait détonner le mélange.

Les fils de platine et les feuilles enroulées agissent lentement et sans produire d'explosion, à une température de 2 à 300°, suivant l'épaisseur.

Le palladium en masse spongieuse enflamme l'hydrogène, comme le fait le platine. L'iridium, sous cette forme, s'échauffe très-fortement en produisant de l'eau. Le rhodium détermine la formation de l'eau à 240°. Le cobalt et le nickel en masse déterminent à 300° environ l'union de l'hydrogène et de l'oxigène.

Le palladium, l'or et l'argent, en feuilles très-minces, agissent sur le mélange d'hydrogène et d'oxigène à des températures élevées.

Le platine en éponge détermine la combinaison de l'oxigène avec l'oxide de carbone et avec le gaz oléfiant : il produit de l'eau et de l'ammoniaque avec le gaz nitreux et le gaz oxigène.

On sait que le fer, le cuivre, l'or, l'argent et le platine en fils ont la propriété de décomposer l'ammoniaque à une certaine température, sans absorber aucun des principes de cet alcali, et que, sous ce rapport, le fer est plus énergique que le cuivre, le cuivre que l'or, et l'or que le platine.

Or, si l'on observe que le fer, qui décompose si bien l'ammoniaque, n'opère que difficilement la combinaison de l'hydrogène avec l'oxigène, et que le platine, qui est si efficace pour cette dernière combinaison, ne produit qu'avec peine la décomposition de l'ammoniaque, on est porté à croire que, parmi les gaz, les uns tendraient à s'unir sous l'influence des métaux, tandis que d'autres tendraient à se séparer, et que cette propriété varierait en raison de la nature des uns et des autres. Ceux des métaux qui produiraient le mieux l'un des effets ne produiraient pas l'autre, ou ne le produiraient qu'à un moindre degré.

---

35. *Nouvelles observations sur la propriété dont jouissent certains corps de favoriser la combinaison des fluides élastiques*; par MM. Dulong et Thénard. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 380.)

Le palladium, le rhodium, l'iridium et le nickel en éponge déterminent, comme le platine, la combinaison des gaz hydrogène et oxigène à la température ordinaire. L'osmium agit à 40 ou 50°. A des températures élevées, mais inférieures à celle de l'ébullition du mercure, tous les métaux, ainsi que le charbon, la pierre-ponce, la porcelaine, le verre, le cristal de roche, agissent aussi sur le mélange des deux gaz avec plus ou moins d'énergie.

Dans les mêmes circonstances, l'action de chaque substance est considérablement modifiée par sa configuration.

Dans les métaux qui agissent à la température ordinaire, cette propriété n'est pas inhérente à ces corps : on peut la faire paraître et disparaître, à volonté, autant de fois qu'on le désire.

Le platine en fils de $\frac{1}{20}$ de millimètre d'épaisseur, roulé en écheveau, n'agit sur le gaz hydrogène qui se répand dans l'air, qu'à la température de 300° ; lorsqu'il a été rougi, puis refroidi, il agit à 60° : si on le plonge dans l'acide nitrique, l'acide sulfurique ou l'acide muriatique, et qu'on le chauffe à 200°, il agit ensuite à la température ordinaire ; mais il ne conserve cette propriété que pendant un certain temps.

La limaille de platine possède la propriété en question, immédiatement après sa formation, et la conserve pendant une heure ou deux avec une intensité décroissante.

Les feuilles de platine nouvellement battues possèdent la propriété d'agir, à la température ordinaire, sur le mélange d'hydrogène et d'oxigène ; mais, exposées pendant quelques minutes à l'air, elles perdent cette propriété : on la leur rend et même bien plus énergique, en les chauffant jusqu'au rouge dans un creuset de platine fermé. Elles conservent alors toute leur puissance pendant 24 heures.

L'éponge de platine ne perd sa propriété que très-lentement et par une exposition de plusieurs jours à l'air ; on la lui rend en la chauffant jusqu'au rouge, ou en la plongeant dans l'acide nitrique.

La poudre que l'on obtient par la précipitation d'une dissolution de platine, au moyen du zinc, a paru retenir plus obstinément sa propriété que le platine en éponge.

Sur un produit alcalin du haut-fourneau de Cheneau, régence de Spire (Bavière);

Par M. P. BERTHIER, ingénieur des mines.

On traite dans ce fourneau des hématites qui se trouvent dans le grès rouge, aux environs d'Erlembach, et qui sont accompagnées de plomb phosphaté et carbonaté, de galène et de calamine. Il se forme dans la cuve du fourneau d'abondans dépôts d'oxide de zinc, que l'on enlève de temps à autre. Le produit dont il est question dans cet article, est une substance pulvérulente, de couleur blonde, que le vent des soufflets pousse hors du fourneau par la tympe, et qui se dépose autour de celle-ci. On prétendait qu'elle devait contenir beaucoup de cadmium; mais elle n'en renferme pas un atome. J'y ai trouvé :

Sable blanc inattaquable par les acides.	0,380
Silice gélatineuse..................	0,090
Carbonate de chaux..................	0,215
Peroxide et protoxide de fer.........	0,080
Oxide de manganèse	0,040
Carbonate de potasse................	0,101
Muriate de potasse..................	0,004
Sulfate de potasse...................	0,010
Magnésie et acide phosphorique.......	trace.
Oxide de zinc........................	0,010
Charbon, eau, etc...................	0,070
	1,000

Cette substance est principalement composée de matières pulvérulentes mélangées mécaniquement; mais ce qui la rend remarquable, c'est la grande quantité de potasse qu'elle renferme, d'autant plus que cet alcali a dû nécessairement être volatilisé, au moins pour la plus grande partie; car aucune cendre de bois n'en contient une aussi grande proportion relativement à la quantité de carbonate de chaux.

On sait que l'on n'a jamais trouvé d'alcali dans la fonte, non plus que dans les laitiers : il faut donc que celui qui résulte de la combustion des charbons se vaporise entièrement. Il y a lieu de croire que cette vaporisation ne s'opère que dans le creuset, parce que c'est là que la plus grande partie du charbon se consume, et se réduit en cendre, et parce que là seulement aussi la chaleur est assez forte pour détruire les combinaisons que la potasse aurait pu former avec les matières des laitiers. Il n'est donc pas étonnant qu'il en sorte beaucoup par la tympe. M. Chaper a observé qu'il s'en dépose sur la tympe du fourneau de Saint-Hugon une grande quantité, qui est blanche et presque pure.

Quant au zinc, il est totalement séparé du minerai avant que celui-ci soit parvenu à la hauteur du ventre du fourneau : il n'en arrive dans le creuset que de très-petites quantités, et seulement par accident.

Sur quelques nouveaux perfectionnemens ajoutés à la lampe de sûreté.

Nous avons fait connaître, dans le tome VIII des *Annales des Mines*, 1823, plusieurs perfectionnemens apportés à la lampe de sûreté par M. Chevremont, ingénieur des mines du royaume des Pays-Bas.

Nous nous sommes permis alors, tout en applaudissant aux changemens proposés, de faire remarquer : 1°. que quelque sûreté que paraisse offrir le tube recourbé qui sert à introduire l'huile dans le réservoir de la lampe, il était plus prudent de ne pas ouvrir ce tube quand l'air de la mine était détonnant; 2°. que le cadenas de

combinaison était un moyen de fermeture beaucoup trop dispendieux ; 3°. enfin qu'il conviendrait de fixer le bord inférieur de l'enveloppe ou cheminée de toile métallique sur une virole en cuivre, pour conserver sa forme circulaire.

Nous ignorons si nos remarques ont été lues par M. Chevremont ; mais nous voyons avec plaisir que son opinion se conforme à la nôtre. Cet ingénieur vient de faire exécuter une lampe de sûreté, dans laquelle le tube nourricier est entièrement supprimé ; le cadenas y est remplacé par une tige à vis qui ferme la lampe, et la cheminée est ajustée sur une virole de cuivre.

Cette lampe, qu'on emploie maintenant dans les mines de Liége, de Mons et de Valenciennes, offre, en outre, plusieurs autres améliorations, qui en rendent la construction plus simple et l'usage plus commode.

Ces améliorations nouvelles consistent principalement,

1°. Dans la suppression de la virole à vis, qui servait à fixer la plaque du porte-mèche ;

2°. Dans l'addition d'un anneau de cuivre soudé au dehors et autour de la base du réservoir, ce qui augmente beaucoup sa solidité;

3°. Dans l'addition d'une plaque d'arrêt soudée sous le réservoir, et servant à arrêter la tige, qui est destinée à régler la mèche;

4°. Dans l'addition d'un cache-entrée, qui tourne sur un clou rivé sous le fond du réservoir, et sert à boucher le tube qui contient la tige à vis qui ferme la lampe.

Dans une de nos prochaines livraisons nous aurons occasion de revenir sur cette lampe, et de la faire connaître à nos lecteurs avec plus de détail.

Mémoire sur les bitumes et leur emploi.

Par M. PAYEN, manufacturier. (Extrait.)

Le sable bitumineux, exploité à Lobsann, département du Haut-Rhin, par M. Dournay, appartient à un terrain tertiaire. Il forme une couche horizontale de 300^{m} sur 400^{m}, et épaisse de 3 à 8 décimètres; il est accompagné de lignite, et de calcaire bitumineux, qui contient environ 0,12 de bitume.

Pour extraire le bitume du minerai, on projette 75^{k} de celui-ci dans une chaudière en fonte, de la contenance de 160 litres, et remplie à moitié d'eau, que l'on porte à l'ébullition. On agite presque continuellement: le sable se sépare, tombe au fond de la chaudière, et le bitume nage à la surface. Au bout de trois heures d'ébullition, on retire celui-ci avec des écumoires, et on le remplace par une nouvelle dose de minerai. Deux ouvriers peuvent conduire le travail de six chaudières à-la-fois. Ils emploient 3600^{k} de minerai par vingt-quatre heures, et ils en retirent environ 200^{k} de bitume.

Le bitume ainsi préparé retient de l'eau et une assez grande quantité de matières terreuses. Pour le purifier, on le porte dans une grande chaudière en fonte, de la capacité de 4000 litres, et on le chauffe assez fortement pour vaporiser l'eau qu'il contient; les matières terreuses se déposent, et l'on décante le bitume pur; 600^{k} de bitume brut donnent environ 400^{k} de bitume pur. Le raffinage occupe un ouvrier pendant 36 heures.

Le bitume ou malthe obtenu est noir ou brun foncé, et très-consistant à la température ordinaire ; il se ramollit au soleil. En élevant sa température, on peut le rendre assez liquide pour l'étendre au pinceau, et goudronner la surface de diverses substances. Par la distillation, il donne de l'huile de pétrole et un résidu asphaltique dur et cassant.

En combinant le bitume raffiné avec le calcaire bitumineux qui se trouve dans le même lieu, M. Dournay prépare un mastic dont on commence à faire un grand usage. Pour cela, on fait d'abord dessécher le calcaire, on le pulvérise, et on le brasse ensuite avec le bitume fondu, en l'ajoutant par portions successives. On maintient pendant toute l'opération la température à un degré assez élevé : lorsque le mélange est terminé, le mastic a la consistance d'un mortier épais ; on le retire alors des chaudières, et on le moule dans des parallélipipèdes en bois. Il entre dans ce mastic 5 parties de calcaire pour une partie de bitume. On le vend 36f les 100 kilogrammes.

Le bitume de Lobsann peut servir aux mêmes usages que le goudron : il est moins pénétrant, moins facile à étendre et moins siccatif; mais aussi il est plus durable et moins sujet à se délayer dans l'eau.

Aux mines de houille d'Anzin, on l'a employé pour enduire les pièces de bois qui servent au cuvelage des puits ; on a observé que les pièces ainsi enduites durent extrêmement long-temps, et qu'elles adhèrent tellement entre elles que le calefatage devient inutile. On applique ce bitume à chaud, mélangé de moitié

de son poids de mastic bitumineux ; on l'étend avec une brosse, et l'on promène ensuite un fer chaud sur toute la surface. Le mètre carré de cet enduit coûte environ soixante-sept centimes.

On fait avec le mastic bitumineux des terrasses à l'italienne, et même des toitures ; on s'en sert pour le rejointoiement des dalles, briques, etc., lorsque l'on veut empêcher l'infiltration de l'eau.

Quelle que soit l'application que l'on veuille en faire, il faut prendre les mêmes soins pour opérer sa liquéfaction. On le concasse en petits morceaux avec une hachette ; puis on le projette peu-à-peu dans une chaudière, dans laquelle on a fait fondre environ 0,06 de bitume pur, et l'on remue fréquemment avec un fourquet de fer, jusqu'à ce que la fusion soit complète. Alors on maintient la température sans l'élever, et l'on emploie le mastic le plus promptement possible. Pour les terrasses, on l'emploie en couches épaisses de 5 à 6 lignes. Le pied carré revient à 1 fr. 50 c., tous frais compris.

Lorsque l'on veut rejointoyer, on dessèche les joints à l'aide d'un feu de paille ou de braise, on y coule le mastic à chaud, et l'on y passe un fer à plombier, pour l'unir et enlever les bavures. Quand les joints sont trop étroits, il est bon d'y promener d'abord une lame de couteau pour les bien évider, et d'y introduire, à l'aide d'un pinceau, un peu de bitume fondu, avant de les remplir de mastic.

ORDONNANCE ROYALE

Concernant les machines à vapeur à haute pression, suivie d'une Instruction et d'une Circulaire sur les mêmes machines.

ORDONNANCE *du Roi, portant réglement sur les machines à vapeur à haute pression.*

LOUIS, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre Secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

ART. Ier. Les machines à feu à haute pression, ou celles dans lesquelles la force élastique de la vapeur fait équilibre à plus de deux atmosphères, lors même qu'elles brûleraient complétement leur fumée, ne pourront être établies qu'en vertu d'une autorisation obtenue conformément au décret du 15 octobre 1810, pour les établissemens de deuxième classe.

Elles seront, en outre, soumises aux conditions de sûreté suivantes.

ART. II. Lors de la demande en autorisation, les chefs d'établissemens seront tenus de déclarer à quel degré de pression habituelle leurs machines devront agir.

Ils ne pourront dépasser le degré de pression déclaré par eux.

La pression sera évaluée en unités d'atmosphère, ou en kilogrammes par centimètre carré de surface exposé à la pression de la vapeur.

ART. III. Les chaudières des machines à haute pression ne pourront être mises dans le commerce, ni employées

dans un établissement, sans que, préalablement, leur force ait été soumise à l'épreuve de la presse hydraulique.

Toute chaudière devra subir une pression d'épreuve cinq fois plus forte que celle qu'elle est appelée à supporter dans l'exercice habituel de la machine à laquelle elle est destinée.

Après l'épreuve, et pour en constater le résultat, chaque chaudière sera frappée d'une marque indiquant, en chiffres, le degré de pression pour lequel elle aura été construite.

Les chefs d'établissemens ne pourront faire emploi d'une chaudière qu'autant qu'elle sera marquée d'un chiffre exprimant au moins une force égale au degré de pression annoncé dans leur déclaration.

Art. IV. Il sera adapté deux soupapes, une à chaque extrémité de la partie supérieure de chaque chaudière. Leur dimension et leur charge seront égales, et devront être réglées tant sur la grandeur de la chaudière, que sur le degré de pression porté sur son numéro de marque; de telle sorte toutefois que le jeu d'une seule des soupapes suffise au dégagement de la vapeur, dans le cas où elle acquerrait une trop grande tension.

La première soupape restera à la disposition de l'ouvrier qui dirige le chauffage ou le jeu de la machine.

La seconde soupape devra être hors de son atteinte et recouverte d'une grille dont la clef restera à la disposition du chef de l'établissement.

Art. V. Il sera en outre adapté à la partie supérieure de chaque chaudière deux rondelles métalliques, fusibles aux degrés ci-après déterminés.

La première, d'un diamètre au moins égal à celui d'une des soupapes, sera faite en métal dont l'alliage soit de nature à se fondre ou à se ramollir suffisamment pour s'ouvrir à un degré de chaleur supérieur de dix degrés centigrades au degré de chaleur représenté par la marque que doit porter la chaudière.

La seconde, d'un diamètre double de celui ci-dessus, sera placée près de la soupape de sûreté et enfermée sous la même grille. Elle sera faite en métal dont l'alliage soit

de nature à se fondre ou à se ramollir suffisamment pour s'ouvrir à un degré de chaleur supérieur de vingt degrés centigrades à celui que représente la marque de la chaudière.

Ces rondelles seront timbrées d'une marque annonçant en chiffres le degré de chaleur auquel elles sont fusibles.

ART. VI. Une chaudière ne pourra être placée que dans un local d'une dimension au moins égale à vingt-sept fois son cube.

Ce local devra être éclairé au moins sur deux de ses côtés, par de larges baies de croisées, fermées de châssis légers et ouvrant en dehors. Il ne pourra être contigu aux murs mitoyens avec les maisons voisines, et devra toujours être séparé, à la distance de deux mètres, par un mur d'un mètre d'épaisseur au moins. Il devra aussi être séparé par un mur de même épaisseur de tout atelier intérieur. Il ne pourra exister d'habitation ni d'atelier au-dessus de ce local.

ART. VII. Les Ingénieurs des mines, dans les départemens où ils sont en résidence, et, à leur défaut, les Ingénieurs des ponts et chaussées, sont chargés de surveiller les épreuves des chaudières et des rondelles métalliques. Ils les frapperont des marques dont les timbres leur seront remis à cet effet.

Lesdits Ingénieurs s'assureront, dans leurs tournées, au moins une fois par an, que toutes les conditions prescrites sont rigoureusement observées. Ils visiteront les chaudières, constateront leur état, et provoqueront la réforme de celles que le long usage ou une détérioration accidentelle leur ferait regarder comme dangereuses.

Les autorités chargées de la police locale exerceront une surveillance habituelle sur les établissemens pourvus de machines à haute pression.

En cas de contraventions aux dispositions de la présente ordonnance, les chefs d'établissemens pourront encourir l'interdiction de leurs établissemens, sans préjudice des peines, dommages et intérêts qui seraient prononcés par les tribunaux.

ART. VIII. Notre Ministre Secrétaire d'État au départe-

ment de l'intérieur fera publier une instruction sur les mesures de précaution habituelles à observer dans l'emploi des machines à haute pression.

Cette instruction sera affichée dans l'enceinte des ateliers.

Art. IX. Notre Ministre Secrétaire d'État au département de l'intérieur est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des lois.

Donné en notre château des Tuileries, le 29 octobre de l'an de grâce 1823, et de notre règne le vingt-neuvième.

Signé LOUIS.

Par le Roi :

Le Ministre Secrétaire d'État au département de l'intérieur,

Signé Corbière.

Instruction sur les mesures de précaution habituelles à observer dans l'emploi des machines à vapeur à haute pression.

L'emploi des machines à vapeur à haute pression exige des précautions de tous les instans de la part des ouvriers chauffeurs auxquels leur service est confié, et une surveillance constante de la part des propriétaires de ces machines. En négligeant les précautions nécessaires, les ouvriers peuvent occasionner des accidens funestes, dont ils seraient les premières victimes. En se relâchant de la surveillance qui est indispensable, les propriétaires deviendraient la cause indirecte de ces accidens ; ils s'exposeraient d'ailleurs à des pertes considérables, telles que celles qui résulteraient de la destruction des machines, de la dégradation des ateliers et de la cessation des travaux.

Il est du devoir de tout propriétaire de ne confier la conduite de sa machine qu'à un ouvrier dont l'intelligence et la capacité soient bien reconnues, et qui soit non-seulement attentif, actif, propre et sobre, mais encore exempt de tout défaut qui pourrait nuire à la régularité du service. Rien ne doit déranger cette régularité, rien ne doit troubler ou détourner l'attention de l'ouvrier pendant le

travail : autrement il ne peut y avoir de sécurité dans l'établissement.

L'attention de l'ouvrier chauffeur et la surveillance du propriétaire doivent porter principalement sur les parties suivantes de la machine ; savoir , le foyer, la chaudière et les tubes bouilleurs , la pompe alimentaire et le niveau de l'eau dans la chaudière , les soupapes de sûreté , le manomètre. Il y a aussi quelques précautions à prendre relativement à l'enceinte extérieure.

Du foyer.

Le principe d'après lequel on doit diriger le chauffage, est d'éviter une augmentation de chaleur trop brusque ou un refroidissement trop rapide. Dans l'un et l'autre cas, les tubes bouilleurs éprouvent partiellement des inégalités de température plus ou moins considérables, et qui , à raison de la variété des dilatations produites , peuvent occasionner des fêlures et des pertes.

Ainsi donc la mise au feu ne doit pas être poussée avec trop de vivacité, sur-tout lorsque le foyer a été tout-à-fait refroidi. On ne gagnerait du temps qu'en compromettant la conservation des tubes bouilleurs.

Lorsque le feu est arrivé au point d'activité nécessaire pour le jeu de la machine , on doit le conduire avec égalité, et à cet effet, tiser à propos, et ne jeter que les quantités de combustible déterminées par l'expérience. Il faut éviter de laisser tomber le feu pendant le travail , et lorsque cela est arrivé, il n'est point convenable de projeter à-la-fois une trop grande quantité de combustible dans le foyer; car cette précipitation, qui aurait l'inconvénient de le refroidir momentanément , occasionnerait ensuite un développement de chaleur excessif et dangereux.

Il est à propos d'exécuter, dans le moindre temps possible, les opérations du tisage et du rechargement de combustible , afin d'abréger l'action destructive que l'air froid peut exercer sur les tubes bouilleurs, en s'introduisant avec rapidité par l'ouverture de la porte du foyer.

On est dispensé de la plupart de ces précautions lorsque le foyer est muni d'un distributeur mécanique versant la

houille au feu, et à mesure qu'elle est nécessaire; mais alors l'ouvrier doit veiller à ce que ce distributeur ne manque pas d'aliment, et à ce que le versement soit uniforme et continu.

L'extinction du feu, lorsqu'elle n'est point conduite avec soin, est une des causes les plus ordinaires des accidens qui arrivent aux tubes bouilleurs. Le meilleur mode est de laisser le foyer chargé du résidu de la combustion, de fermer le registre de la cheminée ainsi que la porte du cendrier, et de luter avec un peu de terre grasse les joints de cette porte et ceux de la porte du foyer. En procédant ainsi, on évite non-seulement que l'air ne refroidisse trop brusquement les tubes, mais encore qu'il ne contribue à oxider trop promptement leur surface extérieure. On profite, de plus, d'une partie du résidu de la combustion; car ce résidu finit par s'éteindre, à raison du défaut d'air, et l'on peut ensuite le retirer sans inconvénient.

Des tubes bouilleurs et de la chaudière.

Quelque pure que paraisse l'eau qu'on emploie, elle dépose toujours un sédiment terreux qu'il importe de ne pas laisser accumuler. En effet, ce sédiment se durcirait et s'épaissirait en peu de temps; il augmenterait la difficulté de faire pénétrer dans les tubes bouilleurs et dans la chaudière la chaleur qui est nécessaire pour produire la vapeur avec le degré de tension convenable; il faudrait faire un plus grand feu : il en résulterait par conséquent plus de dépense de combustible et plus de chances d'altération ou de rupture.

L'expérience a démontré qu'en introduisant dans les tubes bouilleurs et dans la chaudière une certaine quantité de pommes de terre, la substance de ces pommes de terre se mêle avec les sédimens terreux, sous forme de bouillie, et en prévient l'endurcissement; mais à mesure que les sédimens augmentent, cette bouillie nuit à la production de la vapeur, soit par sa viscosité, soit par l'espace qu'elle occupe. Il vient un terme où l'enlèvement des dépôts devient indispensable; ce terme arrive plus ou moins fréquemment suivant la nature des eaux. C'est au propriétaire

de chaque machine à chercher, par l'expérience, le période de temps le plus convenable pour le nettoyage, comme aussi de trouver le *minimum* de la quantité de pommes de terre qui doit être employé. Ces recherches ne tiennent pas seulement aux soins de la sûreté, mais encore à des considérations d'économie relativement à la facile production de la vapeur.

Lorsque, malgré toutes les précautions, un tube bouilleur vient à se fendre, l'ouvrier doit en avertir le propriétaire, et celui-ci ne doit pas hésiter à faire procéder au remplacement. Le rhabillage du tube ne ferait que masquer l'inconvénient, et le danger d'une rupture pourrait s'accroître en très-peu de temps.

Le propriétaire et l'ouvrier doivent observer avec attention les progrès de la détérioration superficielle que les tubes bouilleurs éprouvent à la longue, ceux sur-tout qui sont fabriqués en tôle. Ils ne doivent pas attendre la visite de l'ingénieur pour provoquer de nouvelles épreuves de ces tubes, lorsque leur amincissement peut donner des doutes sur leur solidité.

Il en est de même des chaudières ; mais comme les moyens d'observation sont moins multipliés, l'ouvrier et le propriétaire doivent saisir toutes les occasions de constater l'état des choses, soit lorsqu'il faut changer un ou plusieurs tubes bouilleurs, soit lorsqu'il y a des réparations à faire au foyer ou à la chemise de la chaudière, soit enfin toutes les fois qu'il est nécessaire de vider la chaudière pour la nettoyer ; mais, en outre, aucune des indications que les moindres suintemens peuvent donner, ne doit être négligée.

Lorsqu'on s'aperçoit d'une fuite à la jointure du plateau qui ferme un tube bouilleur ou à celui qui recouvre l'entrée de la chaudière, on ne doit point essayer d'y pourvoir pendant le travail en serrant les écrous : on courrait le risque d'occasionner la rupture de ces plateaux, sur-tout lorsque le mastic qui garnit les bordures a eu le temps de s'endurcir ; en cas de rupture, l'ouvrier serait tué par les éclats ou brûlé par l'eau et la vapeur. Ces sortes de fuites ne doivent être réparées que lorsque le travail a cessé.

Lorsque les tubes bouilleurs et la chaudière sont à nettoyer, les propriétaires ne doivent pas exiger que les ouvriers entreprennent de vider l'eau avant que sa température ne soit suffisamment abaissée, sur-tout pour les machines dans lesquelles les plateaux des tubes bouilleurs ne sont point garnis de robinets.

De la pompe alimentaire et du niveau de l'eau dans la chaudière.

Il est de la plus grande importance que l'eau de la chaudière soit maintenue au niveau qui est indiqué par la position horizontale du levier mu par le flotteur. Il ne faut pas que l'ouvrier s'en rapporte à la simple inspection du levier pour connaître la hauteur de l'eau dans la chaudière: il doit s'assurer très-souvent que les mouvemens du flotteur sont parfaitement libres. Il doit veiller sur-tout à ce que la garniture qui empêche la vapeur de s'échapper le long de la tige du flotteur, ne serre pas trop cette tige; car, si cela arrivait, les indications données par le flotteur cesseraient d'être exactes.

Ces dernières précautions sont également nécessaires pour les machines dans lesquelles les mouvemens d'abaissement du flotteur font ouvrir le tuyau nourricier, et portent ainsi le remède convenable à la diminution de l'eau dans la chaudière.

La surveillance de la pompe alimentaire n'est pas moins indispensable : si, par suite de négligence, la hauteur de l'eau avait très-notablement diminué dans la chaudière, il faudrait, aussitôt qu'on s'en apercevrait, rétablir ou augmenter peu-à-peu le jet nourricier; car autrement on s'exposerait à des accidens. En effet, l'eau, en s'élevant rapidement contre les parois de la chaudière, que la chaleur aurait rougies, fournirait instantanément une trop grande quantité de vapeur, et il serait possible que l'accroissement de pression qui en résulterait fût supérieur à la pression que la chaudière pourrait supporter. Le danger de l'explosion serait imminent, si, dans une telle circonstance, les soupapes de sûreté n'étaient point en état de jouer librement, ou, si, par suite d'une pratique impru-

dente ou coupable, elles se trouvaient surchargées de poids.

En général, le moindre inconvénient que le manque d'eau dans les chaudières puisse produire, c'est d'y occasionner des ruptures très-préjudiciables, quand bien même il n'y aurait pas d'explosion.

Des soupapes de sûreté.

Dans les machines dont les soupapes de sûreté sont à la disposition de l'ouvrier chauffeur, il est utile que cet ouvrier s'applique à en étudier le jeu, et à bien connaître le degré d'adhérence qu'elles contractent ordinairement avec le collet sur lequel elles pressent, sur-tout lorsqu'elles ont été rodées récemment. Il faudrait avoir égard à cette adhérence, lors même que la soupape serait construite de telle manière que le plan de contact serait réduit à une zone circulaire très-étroite. Le chauffeur doit s'assurer très-fréquemment que les soupapes jouissent de toute la liberté de mouvement dont elles ont besoin pour remplir leur destination. A cet effet, il est bon qu'il soulève de temps en temps l'extrémité de la branche du levier qui supporte le poids servant de charge habituelle, afin de s'assurer que la soupape n'a pas contracté une trop forte adhérence.

Lorsque les soupapes d'une machine ne jouent pas librement, et lorsqu'en même temps on vient à leur donner le *maximum* de charge habituelle, elles ne peuvent remplir leur objet qu'imparfaitement; elles retiennent la vapeur alors qu'elles devraient lui donner issue; la vapeur s'accumule et se comprime, et pourrait, suivant les circonstances, acquérir une force de tension qui surpasserait la résistance que la chaudière est capable d'opposer, et qui la ferait éclater.

Ce funeste effet pourrait encore être produit, si, dans l'intention de donner plus d'activité à la machine, on avait ajouté des poids à ceux qui composent le *maximum* de la charge habituelle des soupapes. De telles surcharges sont extrêmement dangereuses; l'ignorance du danger pour-

rait seule excuser les propriétaires de les ordonner, et l'ouvrier chauffeur de s'y prêter. Il faut que les ouvriers sachent bien que l'un des principaux effets d'une explosion serait d'épancher une immense quantité de vapeur brûlante, qui leur causerait une mort cruelle.

De tels dangers seront beaucoup moins à craindre dans les machines qui seront établies en vertu de l'ordonnance royale du 29 octobre 1823; mais les soupapes n'en devront pas moins être surveillées et entretenues dans un état de liberté parfaite. En effet, pour peu que leur jeu devînt moins facile, il arriverait qu'à la moindre augmentation dans l'activité du feu, la vapeur, au lieu de s'échapper, acquerrait plus de chaleur et de tension, et il y aurait un terme où elle fondrait et romprait les rondelles de métal fusibles qui devront être appliquées à chaque chaudière; le travail de l'atelier serait interrompu, et le propriétaire encourrait les inconvéniens des retards résultant de la pose de nouvelles rondelles. Le propriétaire est particulièrement intéressé à visiter journellement la soupape qui sera renfermée sous le grillage en fer, dont la clef devra rester à sa disposition.

En général, les soupapes ont besoin d'être rodées très-fréquemment : autrement elles finissent par laisser perdre de la vapeur. Ce soin d'entretien n'admet pas de négligence, car l'ouvrier ne pourrait y suppléer qu'en augmentant la charge habituelle : or les propriétaires ne sauraient proscrire les surcharges avec trop de rigueur.

Lorsqu'on veut cesser tout-à-fait le feu, ou lorsqu'on le couvre seulement pour en retrouver le lendemain, il ne faut pas quitter l'atelier sans s'être assuré que les soupapes, convenablement déchargées, peuvent donner librement issue à la vapeur qui continue à se produire.

Du manomètre.

Le manomètre, à raison de sa communication avec l'intérieur de la chaudière, indique, à chaque instant, la marche plus ou moins rapide de la production de la vapeur, et le degré de la force de pression qui en résulte. Cette indication est donnée par le mouvement de la colonne de mer-

cure renfermée dans le tube de verre; elle se mesure au moyen de l'échelle qui est placée le long du tube.

Cet instrument est d'une grande utilité lorsqu'il a été construit avec soin et gradué avec exactitude. Comme il est fragile, les propriétaires de machines doivent prendre les mesures nécessaires pour le préserver de tout accident, et le faire couvrir d'un grillage en fil de fer ou en fil de laiton.

Le propriétaire doit aussi donner ses soins pour que l'ouvrier comprenne la destination et les avantages de l'instrument, et sache à propos tirer parti de ses indications.

Enfin, il est du devoir de l'ouvrier de consulter très-fréquemment le manomètre, et de le prendre constamment pour guide dans la conduite du feu, quelle que soit d'ailleurs la charge, ou, en d'autres termes, la pression avec laquelle la machine travaille, suivant les besoins de l'atelier.

De l'enceinte de la machine.

En supposant qu'une explosion pût arriver, c'est un moyen de la rendre moins dommageable que de tenir le local de la machine complétement isolé, et de ne placer les matériaux qu'on serait forcé d'emmagasiner dans son voisinage, qu'à la distance de plusieurs mètres. Le propriétaire se mettrait en contravention avec l'article 6 de l'ordonnance royale du 29 octobre 1823, s'il venait à remplir avec des matériaux résistans l'espace qu'il faut laisser du côté des habitations, entre les murs mitoyens et le mur de défense qui doit enceindre le local de la machine. Ce mur de défense ne peut remplir l'objet que l'ordonnance royale a eu en vue, qu'autant qu'il confine au dehors avec un espace vide.

Enfin, il est indispensable que le local de la machine puisse être bien fermé, et qu'en l'absence du chauffeur, personne ne puisse s'y introduire. On conçoit, par exemple, que si, par malveillance, on venait à surcharger les soupapes ou à les bander avec des cales, lorsque le feu a été arrêté ou couvert, l'accumulation de la vapeur pourrait occasionner un accident. Les précautions habituelles que ce cas particulier peut exiger sont tout aussi impor-

tantes que celles qui concernent les différens cas qui ont été précédemment exposés. La prévoyance des propriétaires des machines et la vigilance des ouvriers chauffeurs ne doivent être en défaut dans aucun temps, dans aucune circonstance.

Paris, le 19 mars 1824.

Le Conseiller d'État, Directeur général des ponts et chaussées et des mines,

Signé **BECQUEY.**

Approuvé, le 19 mars 1824 :

Le Ministre Secrétaire d'État au département de l'intérieur,

Signé CORBIÈRE.

Circulaire, du 1er. avril 1824, à MM. les Préfets des départemens.

Monsieur le Préfet, vous connaissez l'ordonnance royale du 29 octobre 1823 (n°. 637 du Bulletin des lois, p. 330), et les conditions de sûreté auxquelles elle soumet les machines à feu à haute pression, ou celles dans lesquelles la force élastique de la vapeur fait équilibre à plus de deux atmosphères, lors même qu'elles brûleraient complétement leur fumée.

Aux termes de l'art. 8, une instruction sur les mesures de précaution habituelles à observer dans l'emploi de ces machines, doit être publiée et affichée dans l'enceinte des ateliers.

MM. les Ingénieurs des mines, dans les départemens où ils sont en résidence, et, à leur défaut, MM. les ingénieurs des ponts et chaussées, étant chargés, d'après l'article 7, de surveiller l'exécution des principales dispositions de cette ordonnance, j'ai réuni une commission composée des Ingénieurs des deux corps, les plus versés dans ces sortes de matières, et je les ai invités à préparer un projet d'instruction sur les mesures de précaution habituelles à observer.

Cette instruction a été approuvée, le 19 mars dernier, par S. Exc. le Ministre de l'intérieur.

J'ai l'honneur de vous en adresser exemplaires. Je vous prie de la faire publier et afficher dans l'enceinte des ateliers où l'on emploie des machines à vapeur, telles que les définit l'article 1er. de l'ordonnance du 29 octobre 1823.

Vous en remettrez aussi des exemplaires in-8o. aux propriétaires de machines, en les invitant à faire, au besoin, de cette instruction, un extrait abrégé, pour leur propre utilité, contenant les dispositions spécialement et plus particulièrement applicables au genre de machines qu'ils emploient, et à l'usage de ces machines.

Je m'occupe de préparer les bases d'une autre instruction sur les moyens de faire exécuter les dispositions des articles 3, 4 et 5 de l'ordonnance, relatifs à l'épreuve que les chaudières doivent subir avant d'être employées, aux soupapes qui doivent être adaptées à chaque extrémité de la partie supérieure de chaque chaudière, et aux deux rondelles métalliques fusibles, destinées à prévenir les dangers de l'explosion.

Je ferai également fabriquer des timbres qui doivent être remis aux Ingénieurs, et servir à marquer le degré de pression pour lequel la chaudière a été construite, et le degré de chaleur auquel les rondelles sont fusibles.

Dans l'état actuel des choses, et dans l'intérêt des manufacturiers, je vous prie de veiller, dès-à-présent, à l'exécution des dispositions prescrites par l'article 6 de l'ordonnance, et d'après lequel « une chaudière ne peut être » placée que dans un local d'une dimension au moins égale » à vingt-sept fois son cube.

» Ce local doit être éclairé, au moins sur deux de ses » côtés, par de larges baies de croisées, fermées de châssis légers et ouvrant en dehors. Il ne pourra être contigu » aux murs mitoyens avec les maisons voisines, et devra » toujours en être séparé, à la distance de deux mètres, par » un mur d'un mètre d'épaisseur au moins. Il devra aussi » être séparé par un mur de même épaisseur de tout atelier intérieur. Il ne pourra exister d'habitation ni d'atelier au-dessus de ce local. »

J'aurai l'honneur de vous adresser ultérieurement, ainsi qu'à MM. les Ingénieurs des mines et des ponts et chaussées, de nouvelles instructions relativement aux soupapes, aux rondelles métalliques fusibles et à l'application des timbres.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de m'accuser réception de la présente et de l'instruction qui y est jointe.

J'ai l'honneur d'être, avec la considération la plus distinguée,

Monsieur le Préfet,

Votre très-humble et très-obéissant serviteur,

Le Conseiller d'État, Directeur général des ponts et chaussées et des mines,

Signé BECQUEY.

Pour ampliation :

Le Chef de la Division des mines,

Signé LAUBRY.

ORDONNANCES DU ROI,

CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LE QUATRIÈME TRIMESTRE DE 1823.

ORDONNANCE du 8 octobre 1823, portant autorisation d'établir un martinet à Abainville, commune de Commercy (Meuse). Martinet d'Abainville.

LOUIS, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

ARTICLE Ier. Le sieur Muel-Doublat est autorisé à construire, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, aux lieu et place du bocard à crasses des forges d'Abainville, commune de Commercy, département de la Meuse, un martinet à double ordon, pour marteler et corroyer, soit les fers qu'il fabrique, soit ceux qu'il se procurera par la voie du commerce, et ce sous les conditions comprises aux articles du cahier de charges souscrit par lui, le 5 février 1823, et qui sont approuvées, à l'exception de l'article 1er. modifié plus haut, et de l'art. 12, remplacé par la disposition ci-après :

ART. II. Dans aucun temps, et sous aucun prétexte, il ne pourra être prétendu indemnité, chômage, ni dédommagement par l'impétrant ou ses ayant cause, par suite des dispositions que l'administration jugerait convenable de faire pour l'avantage de la navigation, du commerce ou de l'industrie, sur le cours d'eau et la rivière d'Ar-

nain, quand même ces dispositions et les changemens qui en résulteraient la priveraient des avantages de la présente concession.

Nota. Les articles suivans, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

Patouillet de Montigny.

Ordonnance du 15 octobre 1823, portant autorisation de construire un patouillet à Montigny (Côte-d'Or).

Louis, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Article Ier. Le vicomte de Savoisy, propriétaire du haut-fourneau de Montigny, département de la Côte-d'Or, est autorisé à construire près de ce haut-fourneau, et sur la rivière d'Aube, un patouillet pour le lavage du minerai de fer.

Art. II. Il ne sera rien changé, pour cette construction, à la hauteur actuelle du cours d'eau. Les niveaux d'amont et d'aval, déterminant la chute d'eau qui donne l'impulsion au patouillet, seront repérés sur les lieux, et les repères indiqués dans le procès-verbal de réception, dont le dépôt sera fait aux archives de la préfecture et à celles de la mairie pour y recourir au besoin; il en sera donné avis à notre conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. III. L'impétrant sera tenu de creuser près de son patouillet, conformément au plan qu'il a fourni, et qui demeurera annexé à la présente ordonnance, deux bassins, dont chacun aura plus de cinq cents mètres de superficie, moins de dix mètres en largeur, et au moins un mètre trente centimètres de profondeur.

Toutes les eaux provenant du lavage des minerais seront dirigées directement et alternativement dans l'un ou l'autre de ces bassins, d'où elles n'auront leur écoulement, pour

retourner à la rivière, que par un glacis ou déversoir de superficie établi dans la partie basse du bassin.

Art. IV. Le propriétaire sera tenu au curage des bassins, toutes les fois qu'ils seront aux deux tiers pleins.

Art. V. L'impétrant sera passible envers qui de droit de tous dommages et intérêts, qui pourront être poursuivis devant les tribunaux ordinaires, pour les dommages ou dégâts que pourraient occasionner aux propriétés riveraines, soit les eaux sortant des bassins de son patouillet, soit celles qui entraîneraient les vases provenant du curage de ces bassins et amoncelées autour de son usine.

Nota. Les articles suivans, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

Usines à fer d'Orquevaux.

Ordonnance du 15 *octobre* 1823, *portant que le sieur* Caroillon de Vandeuil *est autorisé à conserver et tenir en activité les usines à fer qu'il possède sur le ruisseau de la Manoise, dit* le Cul-du-Cerf, *commune d'Orquevaux* (Haute-Marne); *lesdites usines demeureront composées, conformément aux plans produits, et qui resteront annexés à la présente ordonnance* : 1°. *de la forge Jacot, ayant deux feux, un marteau et un bocard à crasse ;* 2°. *du haut-fourneau de Veultu, avec un bocard à mine et un patouillet ;* 3°. *du martinet, dit* d'Orquevaux ; 4°. *de la forge dite* d'Enbas, *ayant deux feux, un marteau et un bocard à crasse.*

Haut-fourneau et martinet de Pocé.

ORDONNANCE du 15 octobre 1823, portant que le sieur Moisand *est autorisé à construire, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, en la commune de Pocé* (Indre-et-Loire), *un haut-fourneau et un martinet, sous les clauses et conditions comprises au cahier des charges souscrit par lui, le 20 mars 1823.*

Nota. La désignation du patouillet et du bocard primitivement demandés par l'impétrant, et auxquels il a renoncé depuis, sera rayée dudit cahier des charges.

Martinet d'Orquevaux.

ORDONNANCE du 22 octobre 1823, portant autorisation d'établir un martinet en la commune d'Orquevaux (Haute-Marne).

LOUIS, etc., etc., etc ;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur ;

Notre Conseil d'État entendu ;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

ARTICLE Ier. Le sieur Caroillon de Vandeuil est autorisé à établir dans la commune d'Orquevaux, département de la Haute-Marne, sur le ruisseau de la Manoise, dit le Cul-du-Cerf, à l'emplacement de la chaussée du Contaut, un martinet destiné à étirer les barres de fer en petits échantillons. Ce martinet sera composé d'un seul feu de chaufferie et d'un marteau.

ART. II. Le sieur Caroillon de Vandeuil est également autorisé à tenir en activité le martinet qui était affecté au service de l'ancienne filerie dite de la Mouillère, sur ledit ruisseau de la Manoise, et de donner à ce martinet la même destination qu'à celui désigné en l'article précédent: le tout conformément aux plans joints à la demande, et qui resteront annexés à la présente ordonnance.

ART. III. La première de ces usines devra être mise en

activité un an au plus tard après la notification de la présente ordonnance, et elle ne pourra chômer sans cause reconnue légitime par l'administration.

Nota. Les articles suivans, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

ORDONNANCE du 22 *octobre* 1823, *concernant la mine de la Croix* (Vosges), *et celle de Sainte-Marie-aux-Mines* (Haut-Rhin).

Mines de la Croix et de Sainte-Marie-aux-Mines.

LOUIS, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État des finances;

Notre Conseil d'État entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

ARTICLE Ier. La mine de la Croix, département des Vosges, sera exempte du paiement de la redevance proportionnelle pendant quinze années, à partir du 1er. janvier 1823.

ART. II. La mine de Sainte-Marie-aux-Mines, département du Haut-Rhin, sera exempte du paiement de la redevance proportionnelle, pendant dix ans, à partir du 1er. janvier 1823.

ART. III. Notre ministre secrétaire d'état des finances est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

ORDONNANCE du 29 *octobre* 1823, *portant réglement sur les machines à vapeur à haute pression.*

Machines à vapeur.

Voyez plus haut, page 255 et suivantes, cette Ordonnance, ainsi que l'Instruction et la Circulaire qui s'y rapportent.

ORDONNANCE du 12 *novembre* 1823, *portant que le sieur* Laforge *est autorisé à conserver et tenir en activité la taillanderie qu'il possède dans la commune des Adrets* (Isère), *et dont la consistance est déterminée par les plans de situation et de détails joints à la présente ordonnance.*

Taillanderie des Adrets.

Martinet de Niaux.

ORDONNANCE du 12 novembre 1823, portant que le Sr. François-Louis-Julien Rousse *est autorisé à construire dans la commune de Niaux* (Ariége), *et sur l'emplacement désigné par les plans joints à sa demande, un martinet à parer le fer, composé de trois feux et de trois marteaux, et qui sera mis en mouvement par les eaux dérivées de la rivière de Vic-de-Sos; à la charge par l'impétrant de se conformer aux clauses et conditions comprises dans la présente ordonnance, et spécialement de ne consommer d'autre combustible que de la houille.*

Verrerie du Val-d'Aulnoy.

ORDONNANCE du 19 novembre 1823, portant autorisation de conserver une verrerie établie au Val-d'Aulnoy, commune de Saint-Riquier (Seine-Inférieure).

LOUIS, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

ARTICLE Ier. Le sieur Levarlet est autorisé à conserver la verrerie qu'il a établie au Val-d'Aulnoy, commune de Saint-Riquier en rivière, département de la Seine-Inférieure.

ART. II. La consistance de cette verrerie est déterminée ainsi qu'il suit, savoir,

Deux fours de fusion à huit pots chacun, propres à fabriquer de la verroterie;

Six fours à recuire ou préparer les matières;

Un four à sécher le bois;

Le tout conformément aux plans produits.

ART. III. Un seul des deux fours de fusion ci-dessus sera constamment en activité. La mise en feu de l'un des fours ne devra précéder l'extinction complète du second four, que de l'intervalle de temps nécessaire pour qu'il n'y ait point d'interruption dans le travail de la fabrication.

La consommation annuelle du bois, comme combustible, dans l'usine, ne devra pas excéder trois mille stères.

Nota. Les articles suivans, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

ORDONNANCE *du* 19 *novembre* 1823, *portant concession des mines de houille de la Devèze, situées dans la commune de Recoules* (Aveyron).

Mines de houille de la Devèze.

LOUIS, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

ARTICLE Ier. Il est fait concession au sieur Girou des mines de houille de la Devèze, situées dans la commune de Recoules, département de l'Aveyron, sur une étendue d'un kilomètre carré, vingt-quatre hectares et trente ares, limitée, conformément au plan joint à la présente ordonnance, par une suite de lignes droites, passant par les points ci-après désignés; savoir,

1°. L'angle sud-est du village de Previnquière; 2°. l'angle sud du hameau du Vialaret; 3°. l'angle sud-est du hameau du Mejanel; 4°. le clocher de l'église de Ville-Clause; 5°. l'angle nord-est du hameau des Albusquiés; 6°. l'angle sud-est du village de Previnquière, point de départ.

Les lignes tirées de l'angle sud du hameau du Vialaret à l'angle sud-est du hameau du Mejanel, et de ce dernier point au clocher de l'église de Ville-Clause, sont des limites communes à la présente concession et à la concession des mines du Mejanel, accordée aux sieurs Taurines et Durand, par notre ordonnance du 1er. mai 1822.

ART. II. L'impétrant fera placer à ses frais, dans le mois qui suivra sa mise en possession, des bornes en pierre à tous les angles de villages et de hameaux indiqués ci-dessus.

L'ingénieur des mines dressera procès-verbal de cette opération, dont expéditions seront déposées aux archives de la préfecture et à celles de la commune de Recoules, et il en sera donné avis à notre directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. III. L'impétrant se conformera aux clauses et conditions du cahier des charges qu'il a souscrit, et qui sera annexé à la présente ordonnance, comme condition essentielle de la concession.

Art. IV. Il acquittera annuellement, entre les mains du receveur de l'arrondissement, les redevances fixe et proportionnelle établies par la loi du 21 avril 1810.

Art. V. Conformément aux articles 6 et 42 de la susdite loi, il paiera aux propriétaires de la surface une indemnité annuelle de 20 centimes par hectare de terrain compris dans sa concession.

Art. VI. L'impétrant paiera en outre aux propriétaires de la surface les indemnités voulues par les articles 43 et 44 de la même loi, relativement aux dégâts et non-jouissance de terrain occasionnés par l'exploitation.

Art. VII. Il se conformera aux lois et réglemens intervenus et à intervenir sur le fait des mines.

Art. VIII. Nos ministres secrétaires d'état aux départemens de l'intérieur et des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée par extrait au bulletin des lois.

Houillères de St.-Lazare.

Ordonnance du 19 *novembre* 1823, *portant concession de terrains houillers situés en la commune de Saint-Lazare* (Dordogne), *et contigus à ceux formant la concession des mines de houille du Lardin.*

Louis, etc., etc., etc.

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Article Ier. Il est fait concession aux sieurs François comte de Royère, Prosper Brard et compagnie, concessionnaires des mines de houille du Lardin, commune de Saint-Lazare, département de la Dordogne, des mines de houille que renferment, sur une étendue de 5 kilomètres trois cent sept mille trois cent quarante-sept mètres carrés, les terrains contigus à la concession qui leur a été accordée par notre ordonnance du 13 septembre 1820.

Cette nouvelle concession, destinée à demeurer invariablement annexée à la concession du Lardin, est et de-

meure limitée conformément au plan joint à la présente ordonnance, comme suit; savoir,

Au nord, par une ligne droite tirée du clocher de Beauregard, au pont à construire sur la Nuelle pour la route de Lyon à Bordeaux, nº. 107;

A l'ouest, par une autre ligne droite tirée du pont sur la Nuelle au clocher de Condat-sur-la-Vezère;

Au midi, par une ligne droite tirée dudit clocher de Condat, dans la direction de la Tour Gobert, jusqu'à une borne placée au point d'intersection de cette ligne avec la rive droite de la rivière de Vezère, près Masubrier, point qui fait partie de la concession du Lardin;

Enfin, à l'est, cette nouvelle concession aura pour limites celles qui sont fixées à la concession précitée par notre ordonnance du 13 septembre 1820.

Nota. Les articles suivans, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

Cahier des charges pour la concession accordée par la présente ordonnance.

Article Ier. La concession des terrains qui sont l'objet de la demande qui a été présentée par les sieurs de Royère, Brard et compagnie, demeurera annexée à la concession actuelle du Lardin. Cet ensemble de concessions ne pourra être vendu par lots ou partagé, sans une autorisation préalable du gouvernement, donnée dans les mêmes formes que la concession.

Art. II. Les concessionnaires seront tenus, pour les nouveaux terrains concédés, aux mêmes charges et conditions que celles énoncées au cahier des charges de la concession des mines du Lardin.

Art. III. Avant d'entreprendre l'exploitation des couches de houille reconnues au pont de la Nuelle et aux Moulins de Peyraux, les concessionnaires exécuteront un sondage vertical au fond de chacun des puits de recherche, à l'effet de constater s'il existe ou non d'autres couches inférieures; ces sondages seront poussés au moins jusqu'à cinquante mètres de profondeur, à partir du fond des puits.

Dans le cas où l'on rencontrerait de nouvelles couches de houille, l'exploitation commencera par la couche inférieure en partant de sa partie la plus profonde.

Aucune couche ne pourra être exploitée avant l'épuisement de celle qui lui est immédiatement inférieure. Néanmoins, si plusieurs couches étaient assez rapprochées pour qu'il y eût de l'avantage à les exploiter en même temps, le concessionnaire pourra le faire, après en avoir préalablement obtenu l'autorisation de l'administration des mines, sur l'avis du préfet, et sur le rapport des ingénieurs des mines.

Usines de Maisière.

ORDONNANCE du 26 novembre 1823, portant autorisation d'établir diverses usines en la commune de Maisière (Haute-Saône).

Louis, etc., etc., etc ;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

ARTICLE Ier. Les sieurs Galaire et Patret sont autorisés à construire dans la commune de Maisière, département de la Haute-Saône, les usines détaillées ci-après, sur le cours d'eau de la Romaine, et dans les emplacemens de l'ancienne forge, de l'ancienne fenderie et des moulins dits grands moulins, moulin du milieu, et de l'ancien moulin Couche-Tauchat, le tout conformément aux plans joints à la présente ordonnance:

1°. Deux fours à réverbère pour l'affinage de la fonte;

2°. Une machine à cylindre avec son four à réverbère, pour l'étirage du fer en barres;

3°. Une seconde machine à cylindre avec son four, pour la conversion des barres en tôle et en cercles;

4°. Un martinet composé de deux marteaux avec sa chaufferie;

5°. Une machine à bobines pour la fabrication du fil de fer.

Cette autorisation n'est accordée que sous la réserve des droits auxquels les propriétaires riverains pourraient avoir à prétendre sur l'usage des eaux.

Art. II. Le seuil de l'ancienne vanne de roulage du moulin de Couche-Tauchat sera abaissé de trente centimètres, de manière qu'il se trouve à trois mètres quatre-vingt-dix centimètres en contre-bas du seuil de la vanne de roulage du marteau de la forge.

Art. III. La commune de Maisière pourra, sauf les droits des sieurs Galaire et Patret, transférer, lorsqu'elle le jugera convenable, la fontaine dite du village par-tout où bon lui semblera, pourvu que les eaux de décharge et de trop-plein de la fontaine soient ramenées dans la partie du cours de Romaine sise en amont de la forge, dont elles ont toujours alimenté le bief.

Art. IV. Ces modifications au régime du cours d'eau seront exécutées sous la surveillance de l'ingénieur des ponts et chaussées, qui fera la vérification des ouvrages après leur achèvement, repèrera tous les seuils, hauteurs de couronnement et vannes, indiquera exactement la chute de chaque usine, et dressera procès-verbal de ces opérations. Expéditions dudit procès-verbal seront déposées aux archives de la préfecture de Vesoul et de la mairie de Maisière, et il en sera donné avis à notre directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. V. Les constructions relatives aux fours, machines à cylindres et machines à bobines, seront exécutées sous la surveillance de l'ingénieur des mines. Il sera dressé procès-verbal de la vérification de ces ouvrages dans la forme indiquée ci-dessus.

Art. VI. Les impétrans ne pourront consommer dans les nouvelles usines ni bois ni charbon de bois.

Art. VII. Ces usines devront être établies dans le délai de deux ans, à partir de la date de la présente ordonnance. Elles seront ensuite maintenues en état constant d'activité, et on ne devra pas les laisser chômer sans cause reconnue légitime par l'administration.

Nota. Les articles suivans, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

Verrerie de Plaveret.

ORDONNANCE du 26 novembre 1823, portant que le sieur Rambourg *est autorisé à établir à Plaveret, commune de Commentry* (Allier), *une verrerie pour la fabrication des verres et des glaces de toute espèce. L'impétrant, conformément à sa déclaration, ne consommera, comme combustible, que de la houille dans sa verrerie, qui sera composée de quatre fours de cuisson, fondant environ seize mille kilogrammes de matières par jour; des fours de recuisson, et autres dépendances nécessaires à l'exploitation de l'usine.*

Verrerie de Lenvaux.

ORDONNANCE du 3 décembre 1823, portant que le sieur Villemain *est autorisé à établir dans sa propriété de Lenvaux, commune de Grand-Champ* (Morbihan), *une verrerie pour la fabrication du verre blanc, du verre à vitres et à bouteilles. L'impétrant pourra consommer du bois, comme combustible, dans cette verrerie, qui sera composée de deux fours de fusion, contenant chacun de six à huits creusets, et de deux fours de recuisson.*

Forge catalane de Surba.

ORDONNANCE du 17 décembre 1823, portant que le sieur Saint-Jean de Pontis, *fils de feu sieur* Bernard Saint-Jean de Pontis, *est autorisé à construire, près de son domaine de Lacombe, sur la rivière de Rabat, commune de Surba* (Ariége), *une forge catalane, composée, conformément aux plans produits à l'appui de la demande formée par feu son père, d'un fourneau et de deux marteaux.*

SUITE DU MÉMOIRE

SUR

LES MINES D'ÉTAIN DE SAXE;

PAR M. MANÈS, Ingénieur au Corps royal des Mines (1).

MINES D'ÉTAIN DE GEYER.

LA contrée de Geyer est comprise entre deux ruisseaux parallèles, dirigés du nord-ouest au sud-est. Ces ruisseaux, nommés l'un le Mühlenbach, et l'autre le Greifenbach, courent dans de petites vallées étroites et profondes; ils vont, tous deux, se réunir au ruisseau de Tanneberg, qui coule du nord-est au sud-ouest, et se jette, quelques pas plus loin, dans la Zschopau. Le Greifenbach, prenant sa source au pied sud du Greifenstein, sépare la chaîne de Geyer de celle de Freywald; il forme la limite entre la contrée de Geyer et celle d'Ehrenfriedersdorf. Le Mühlenbach, sur les bords duquel est bâtie la petite ville de Geyer, est dominé, à l'ouest, par une suite de monts élevés, dont la crête constitue une véritable plaine. La chaîne de Geyer, un peu plus haute que celle d'Ehrenfriedersdorf, et couverte en grande partie de forêts, offre, au nord, le Schlegelsberg, et, au sud, le Geyersberg, deux monts que sépare un petit ravin partant de la ville, et courant de l'ouest à l'est. Le Schlegelsberg, recouvert d'un grand nombre

Aspect physique.

(1) Voyez, tome VIII de ce recueil, le commencement de ce Mémoire.

de haldes et fouilles anciennes, fut célèbre autrefois par une exploitation abondante d'argent et d'étain. Le Geyersberg, élevé d'environ 250 toises au-dessus du Greifenbach, contient une riche mine d'étain qu'on exploite avec avantage depuis plusieurs siècles; il montre au plus haut point, sur son versant ouest, une grande excavation provenant des travaux qu'on y a faits.

Historique. Ce fut vers l'an 1400, du temps que Geyer et une grande partie des lieux voisins appartenaient aux comtes et sieurs de Schöneburg et Waldenburg, que l'on commença à tirer parti du Stockwerk de Geyer. Il paraît certain que ce furent des *Eigenlöhner* (1) qui entreprirent cette exploitation, et que, de 1400 à 1700, ce furent toujours des *Eigenlöhner* qui la dirigèrent. Mais quel mode d'extraction suivirent-ils? quelle quantité d'étain retirèrent-ils dans cet intervalle? C'est ce que l'histoire ne nous a pas appris. Il est permis toutefois de présumer, d'après l'examen du Stockwerk, pénétré d'étain de toutes parts, que des travaux qui s'étendirent sur une telle masse, jusqu'à une profondeur de 20 à 30 toises, ne peuvent avoir été que très-lucratifs. Quoi qu'il en soit, vers l'an 1700, cette mine offrant toujours des chances avantageuses, il s'établit des sociétés qui exploitèrent concurremment avec les *Eigenlöhner*. Bientôt la perspective d'un gain assuré fit augmenter encore le nombre des exploitans, et, en 1740, on put

(1) On nomme ainsi les *individus* qui exploitent de petites mines, en vertu des concessions du souverain, par opposition avec les *compagnies*, auxquelles la plupart des mines importantes sont concédées.

compter jusqu'à vingt-deux mines en activité. Quelque désavantageux que dût être un tel système, de 1740 à 1773, on obtint toujours, par an, de 200 à 500 quintaux d'étain, et malgré les dépenses considérables en galeries d'écoulement et machines d'épuisement, cinq mines donnèrent, dans ce laps de temps, un produit net de 47,360 écus de Saxe. Cependant ce grand nombre de petites propriétés, dont les maîtres ne suivaient d'autres règles que celles dictées par l'intérêt personnel, portèrent de trop grands préjudices aux uns et aux autres pour qu'ils ne fussent pas bientôt reconnus de tous. Aussi, en 1773, les sociétaires et les *Eigenlöhner* se réunirent-ils pour remédier à cet inconvénient. Ils commencerent alors à établir, dans la profondeur, à l'extrémité nord du Stockwerk, des travaux réguliers, que le bas prix de l'étain, le peu de demandes et les dépenses considérables de réparations les forcèrent d'abandonner pour un temps. De 1777 à 1781, ils se bornèrent à exploiter la partie supérieure : alors ils y prirent les travaux souterrains, qu'ils poursuivirent jusqu'en 1802, où, par suite du peu de précautions, des éboulemens considérables eurent lieu, qui les interrompirent entièrement. En 1806, le Roi de Saxe prit enfin ces mines à son compte, et fit établir, du côté sud du Stockwerk, une exploitation régulière, qui se continue encore aujourd'hui.

Nature du Stockwerk.

Le Stockwerk de Geyer se compose d'une masse considérable de granite encaissée dans un terrain de gneiss, qui offre tout autour une inclinaison uniforme vers le nord-ouest. Cette masse,

dont la plus grande longueur est dans le sens nord-sud, offre, dans cette direction, une forme rentrante, tandis que la coupe transversale va en s'élargissant dans la profondeur; l'inclinaison de ses parois est, du reste, uniforme et d'environ 45°. La hauteur connue de cette masse, depuis la surface du terrain jusqu'au plus profond des travaux, est de 25 toises. Sa base supérieure, encore inexploitée, avait un petit diamètre de 40 à 50 toises, et un grand de 60 à 65. Sa surface supérieure actuelle, profonde de 30 toises au-dessous du niveau, a de 100 à 110 toises de longueur et de 70 à 80 de largeur. Ce granite nous paraît, du reste, former, dans le gneiss qui l'encaisse, une masse de même époque de formation que celui-ci, et due seulement à des rapports différens d'affinité, ainsi que le granite du Greifenstein.

Le gneiss du Geyersberg est un gneiss schisteux, composé de quarz, de mica et d'un peu de feldspath : ces parties n'y sont pas mélangées indistinctement, mais en veines minces séparées, ondulées les unes sur les autres. Ce gneiss forme des couches puissantes de 10 pouces à 4 pieds, qui penchent de 5 à 15° vers le nord-ouest, et sont traversées de fissures sous différens angles; ce gneiss contient d'ailleurs des filons de quarz stannifères, dont quelques-uns ont paru dignes d'exploitation.

Le granite encaissé dans ce gneiss, et constituant la masse du Stockwerk, est à grains fins, blanc rougeâtre, composé de quarz blanc, gris et brunâtre, de mica blanc grisâtre et jaune d'or, et de feldspath rougeâtre et blanc grisâtre; il

contient quelquefois aussi un peu de lithomarge endurcie et du schorl; le feldspath y est toujours très-prédominant. Ce granite est très-solide, sonore, et susceptible de poli. Il est en couches de 2 à 10 pieds, qui plongent de 5 à 10° vers le sud-est, et sont traversées de beaucoup de fissures sous différens angles.

Ce granite, avant de se joindre au gneiss, est entouré, sur tous ses points, d'une ceinture de quelques pouces à quelques pieds, qu'on désigne sous le nom de *Stockscheider*, et qui est formée d'un granite fort différent du premier. Il contient le felspath et le quarz en morceaux de 2 à 16 pouces de longueur et largeur, et d'un quart à 2 pouces d'épaisseur. Le feldspath blanc rougeâtre y est encore prédominant, et le mica noirâtre en la moindre proportion; le feldspath se trouve souvent en fragmens rhomboïdaux de 3 à 4 pouces. Le mica tout noir, semblable à la blende, y est enfermé par nids, en morceaux de 2 à 6 pouces; enfin le quarz occupe souvent de grands espaces, sous forme cristalline et compacte; il est à cassure esquilleuse, et, sur quelques points, en cristaux pyramidaux, formant des couches qui alternent avec celles de la lithomarge endurcie, mélangée au mica. Du reste, cette roche m'a paru toujours adhérente au granite et au gneiss; il est certain, d'ailleurs, qu'elle ne renferme aucun fragment de ces dernières. Je ne saurais donc admettre qu'elle soit plus nouvelle que le granite du Stockwerk.

Tout le Stockwerk est traversé d'une quantité innombrable de filons horizontaux et verticaux, qui sont composés de quarz stannifère, puissans

de quelques lignes ou de quelques pouces, et sans doute de même âge que le granite qui les renferme. Il contient en outre, dans le milieu, un filon puissant d'un quart à 2 toises, qui offre de grandes différences avec les premiers, et paraît de formation plus nouvelle.

Les premiers filons se dirigent entre 3 et 4 heures de la boussole; ils sont presque parallèles, s'inclinent vers le sud-est sous tous les degrés entre 70 et 80; ils n'ont aucune lisière ou salebande, et sont quelquefois si rapprochés, qu'il n'y a pas de roche visible entre eux. Souvent ils sont, dans la direction et l'inclinaison, quelquefois même entièrement coupés, et reparaissent bientôt dans la même direction. Ils traversent, du reste, toute la masse du Stockwerk, et se terminent, sans exception, au Stockscheider.

Les parties constituantes de ces filons sont en grande partie quarz et un peu de mica, avec ou sans étain disséminé. Près des séparations de couches de granite, on trouve sur-tout de l'étain cristallisé et compacte, rarement un peu de wolfram et schorl, et encore plus rarement du molybdène sulfuré.

La roche qui touche ces filons est altérée sur 2 à 3 pouces. Le feldspath et le mica y manquent presque entièrement, ou sont décomposés; le quarz seul y est généralement visible et à grains fins compactes. Ce quarz et les parties décomposées tiennent plus ou moins d'étain invisible, du wolfram, du schorl et du fer arsenical. Ces parties de roche métallifère sont, du reste, plus fréquentes vers les parois des filons; en s'éloignant d'eux, elles deviennent de moindres en moindres,

et finissent bientôt entièrement : de là vient que la roche, de grise qu'elle est près des filons, passe insensiblement dans la couleur claire du granite.

Dans toute l'étendue du Stockwerk, du sud au nord, trois à quatre jusqu'à douze de ces filons, séparés les uns des autres par 2 à 10 pouces de roche métallifère, se prolongent sur une largeur totale de 3 à 4 toises, et sont entourés, des deux côtés, d'une masse de 1 à 5 toises d'un granite privé de fentes et filons, mais cependant imprégné d'un peu d'étain. Ces filons composés sont nommés *züge;* le granite entre deux *züge*, un *kamm*. Ces *züge* sont généralement parallèles entre eux comme les petits filons qui les composent; on en voit cependant deux se couper sous un angle de 8 à 15°, et s'ennoblir à la croix; mais c'est la seule exception. Ces *züge* sont, au reste, de teneur différente; ils paraissent toujours plus riches près des couches les plus minces, comme si une couche de la roche avait eu plus ou moins de tendance à la production de l'étain. Il semble aussi que la teneur en étain se soit accumulée près de la séparation des couches, et de là ait passé dans la roche. C'est ce que confirme le fait, que la plus grande teneur est toujours immédiatement dessus et dessous la séparation des couches.

Le filon puissant, nommé *Rotherfall*, se dirige vers 6 heures, s'incline de 60 à 80 degrés vers le nord-est, et ne contient que du quarz et de l'argile: il se distingue des autres filons, 1°. par une beaucoup plus grande puissance; 2°. en ce qu'il a lisière et salebande; 3°. en ce que, d'inclinaison

et de direction différentes, il coupe plusieurs de ces filons sous un angle de 30 à 45 degrés; 4°. en ce qu'il se prolonge dans le gneiss; 5°. en ce qu'il ne contient pas du tout d'étain, mais seulement, dans le granite du Stockwerk, de l'argile, du quarz et du granite décomposé, et, dans le gneiss, du quarz et de l'argile rouge ferrugineuse, et du gneiss altéré. Le Rotherfall n'a, du reste, aucune influence sur les filons composés, qu'il traverse en les rejetant quelquefois un peu.

Exploitation du Stockwerk.

L'exploitation du Stockwerk de Geyer a, comme nous l'avons déjà dit, été soumise, depuis son origine, à quatre systèmes différens, qui lui ont été plus ou moins avantageux.

La première époque fut celle de 1400 à 1700, où des *Eigenlöhner* la dirigèrent. La grande excavation au jour qui se montre au haut du Geyersberg, et qui a 30 toises de profondeur, fut le résultat de leurs travaux. On ne sait point au juste quel mode d'extraction ils suivirent; mais si l'on observe qu'ils exploitèrent cette masse entièrement, à l'exception d'un pilier de granite, qui, à cause de son peu de richesse, est resté intact dans le milieu, il paraîtra très-probable que ce fut à ciel ouvert. Quoi qu'il en soit, on trouve, d'après un calcul approximatif, que la masse exploitée pendant ces trois cents ans, a dû être double de celle exploitée de 1700 à 1778. L'étain produit dans ce dernier espace s'est élevé à 22298 quintaux; celui produit de 1400 à 1700 doit donc avoir été, si l'on admet une teneur uniforme dans tout le Stockwerk, de 44596 quintaux.

La deuxième époque fut celle qui s'écoula de 1700 à 1773. Dans cet intervalle, un grand nom-

bre d'*Eigenlöhner* et de petites sociétés creusèrent dans le Stockwerk une multitude de puits, d'où ils s'étendirent irrégulièrement dans tous les sens, pratiquant, au moyen du feu, dans les endroits les plus riches de vastes chambres qu'ils soutenaient à peine. A cette époque, ils percèrent aussi de petites galeries d'écoulement, et établirent à grands frais de mauvaises machines d'épuisement, pour se débarrasser des eaux qui les gênaient; mais ce qui portait le plus grand obstacle au succès de ces établissemens, c'étaient le peu d'étendue de chacune et le peu d'ensemble dans les dispositions. Aussi résolurent-ils bientôt de ne plus former qu'une seule et même société, ce qui détermina un troisième changement.

A cette époque, qui dura de 1773 à 1802, les travaux, soumis à une même compagnie, furent dirigés régulièrement à l'extrémité nord du Stockwerk, et la mine prit le nom de *Langenzeche.* On y creusa un puits, qui atteignit une profondeur de 24 à 30 toises, duquel on poussa des travaux sur treize filons composés. Les travaux supérieurs étaient asséchés par la galerie *Hirtenstollen*, poussée à partir de la ville de Geyer, sur le penchant est du Geyersberg, à 5, 8 et 14 toises au-dessous du jour. Ceux inférieurs conduisaient leurs eaux au puits, d'où elles étaient versées dans la galerie d'écoulement par un système de dix pompes mues par une roue de 36 pieds de hauteur, qui était placée à l'embouchure de la galerie, et communiquait au puits par une suite de tirans de 140 toises de longueur.

Les travaux de *Langenzeche* se faisaient, partie à la poudre, par *strossen* et *förstenbau* (c'est-à-dire par gradins droits et gradins renversés), partie

au feu, par galeries et gradins renversés (*örter* et *förstenbau*). Les travaux à la poudre, qui avaient lieu sur-tout dans la profondeur, où l'air n'aurait pas été suffisant pour alimenter les foyers, se faisaient à la journée, pour extraire, par ce moyen, 400 quintaux de minerai, donnant communément de sept huitièmes à un quintal d'étain (quelquefois aussi 2 à 3 quintaux, comme aussi, dans d'autres cas, seulement de trois huitièmes à un demi). Les frais se montaient de 17 à 27 écus, tandis que, pour extraire avec le feu la même quantité, il n'en coûtait, terme moyen et tous les matériaux compris, que 10 écus un quart. Au reste, ces travaux par le feu se faisaient à raison de 21 écus par quintal d'étain marchand. Les ouvriers devaient non-seulement extraire, bocarder, laver et fondre, mais aussi pourvoir aux galeries d'extraction, fournir les matériaux nécessaires à leur soutènement, et payer le *wageggeld*, ou droit de pesée. Le maintien des machines d'épuisement, des puits et galeries d'écoulement, des laveries, fours de grillage et fonderies, était au compte de la société.

Le roulage de la mine avait lieu, soit avec des chiens de mine, soit avec des brouettes. L'extraction au jour se fit d'abord à l'aide de treuils; plus tard, on employa une machine à molettes dont on voit encore la halde. Dans les premiers temps, le minerai était élevé de 4 à 9 toises de profondeur dans des tonnes jusqu'à la galerie d'écoulement, et de là charroyé au jour, dans un chien, sur une longueur de 100 toises. Six hommes étaient nécessaires à ce travail; savoir, un brouetteur, un chargeur des tonnes, un homme du treuil, et trois rouleurs de chiens. Ils de-

vaient, chaque jour, extraire 120 quintaux de minerai, et recevaient ensemble 13 gros 8 pfennings.

La quatrième époque, dans l'exploitation du Stockwerk de Geyer, commença en 1806 : c'est celle où le Roi de Saxe la prit à son compte, et la fit transporter du côté du sud-est, où elle se continue encore. Cette exploitation est conduite régulièrement par étages, de 10 en 10 toises, qu'on prend de haut en bas. Aujourd'hui ces travaux ont 25 toises de profondeur; ils sont asséchés par la *hirtenstollen*, galerie d'écoulement qui apporte sous le puits principal une profondeur de 10 toises. Les eaux du fond sont versées dans cette galerie par trois pompes de 8 pouces, mues par une petite roue de 21 pieds, située à l'intérieur, et recevant l'eau motrice du jour par un canal. On s'occupe maintenant de percer une nouvelle galerie d'écoulement, qui part du même niveau que la première, mais qui, se rendant droit au Stockwerk et sans faire de ressauts, l'atteindra 2 toises plus bas, et permettra d'employer une plus grande roue, de 30 à 35 pieds, pour mouvoir les pompes.

On pénètre dans les travaux par un puits creusé dans la masse même du Stockwerk. On voulait d'abord, pour éviter de nouveaux éboulemens, le percer hors de cette masse, qu'on aurait atteinte par une galerie; mais diverses considérations s'y opposèrent. Ce puits, profond de 8 toises, conduit à de vastes chambres, par lesquelles on parvient au niveau de la galerie d'écoulement, qui forme le sol du premier étage. Le second étage, encore peu attaqué, est 10 toises plus bas,

et au-dessous on a encore percé de 5 toises un petit puits qui sert à-la-fois à la reconnaissance de la masse et à la disposition d'un nouvel étage.

Dans cette partie du Stockwerk, on suit deux filons composés principaux, qu'on attaque, selon la dureté de la roche, par la poudre ou par le feu. Dans tous les cas, on prend de part et d'autre des filons une partie du granite qui les sépare, en ayant soin de laisser au milieu des piliers de 3 à 4 toises d'épaisseur, qui se correspondent d'étage en étage.

Le travail à la poudre a lieu dans les parties les plus tendres de la roche, et généralement sur les filons mêmes. Ce travail est conduit par *strossen* ou *förstenbau*. Les gradins ont ordinairement une demi-toise à une toise de largeur sur une demi-toise de hauteur. Il y a sur chacun un ou deux ouvriers : chaque ouvrier tire par jour deux coups de mine de 20 à 24 pouces de profondeur. Une toise cube, donnant 800 quintaux de minerai, exige ordinairement cent soixante-dix journées d'ouvriers, 36 à 40 livres de poudre, et revient, en définitive, de 48 à 50 écus.

Le travail par le feu a lieu sur-tout dans le granite stannifère qui sépare les filons composés. Les ouvrages y sont conduits par galeries et gradins renversés (örter et förstenbau). On prépare les bûchers une à deux fois la semaine; on y met le feu; et, deux jours après, on vient détacher, soit au pic, soit à la poudre, les parties désagrégées. Pour extraire, par ce moyen, une toise cube, donnant de 700 à 800 quintaux de minerai, et exigeant quatre-vingts journées d'ouvriers, on use

2 à 3 cordes de bois, plus 15 livres de poudre; le tout revenant de 25 à 26 écus.

Pour tirer le plus grand parti possible du mode d'exploitation par le feu, il faut avoir égard à plusieurs considérations :

1°. Il faut disposer toujours les travaux de manière à avoir un bon airage. Ce qu'il y a de mieux à faire pour parvenir à ce but, c'est de disposer sur chaque filon composé les étages d'exploitation à 6 à 10 toises les uns au-dessus des autres; de les faire communiquer de 8 en 10 toises par des puits, et d'y établir ensuite des ouvrages à gradins. Quant au mode de gradins qu'il convient d'employer, nous dirons qu'à Geyer on ne fait usage que de ceux en montant; on a proposé du reste, depuis long-temps, d'établir aussi des gradins en descendant, et il paraît qu'ils pourraient être, dans beaucoup de cas, aussi avantageux que les autres, sur-tout si le courant d'air, bien dirigé, pouvait agir sur les gradins opposés.

2°. Il faut toujours avoir soin que les foyers soient disposés le mieux possible, relativement à la partie de la roche qu'on veut attaquer, et selon qu'on veut faire agir le feu horizontalement ou verticalement, donner aux bois qui le composent un arrangement différent.

(*a*) Dans le percement des galeries d'allongement ou de traverse, qui s'effectue à Geyer partie par le feu et partie par la poudre, le feu ne devant agir qu'horizontalement ou sur la face du fond de la galerie, on dispose les bûches contre cette paroi sous un angle de 45 degrés, et sur un lit de bûches rangées en croix pour le courant d'air.

On entoure, en outre, ces bûches d'une muraille de gros quartiers de minerai extraits à la poudre, afin que la flamme ne puisse avoir aucune action sur le derrière et que peu contre le faîte. On y trouve d'ailleurs cet avantage, que le feu non-seulement désagrége ces gros morceaux, mais encore leur fait subir un grillage.

(*b*) Dans l'exploitation par gradins en montant, on a souvent besoin d'attaquer le faîte du lieu d'extraction; on dispose alors, à Geyer, tout le bois qui compose le bûcher, en croix l'un sur l'autre, de manière à laisser des intervalles, et par ces canaux d'air il se forme des courans qui dirigent toute la flamme dans la hauteur.

3°. Il faut disposer la masse qu'on veut attaquer à bien recevoir l'effet du feu. Si, par le feu auquel cette masse a été exposée précédemment, sa surface est devenue trop égale, il faut la rendre de nouveau inégale par le tirage à la poudre, afin que la flamme puisse la toucher en plus de points, et pénétrer à l'intérieur par plus de fentes : c'est aussi ce qu'on fait à Geyer.

Le roulage dans la mine et l'élévation au jour des minerais extraits ont lieu comme dans les premiers temps de l'exploitation. Le minerai extrait est roulé aux puits dans des brouettes du contenu d'un quintal, et de là élevé au jour dans de petites tonnes de même capacité, à l'aide de treuils à bras. Les rouleurs et extracteurs doivent livrer, chaque jour, 120 tonnes de minerai; ils travaillent, du reste, à prix fait, et reçoivent ensemble 5 écus 8 gros pour 30 voitures de minerai.

Préparation mécanique.

Les minerais, rendus au jour, sont cassés en

petits morceaux de la grosseur du poing, pour le bocard ; les plus durs sont préalablement grillés en tas. Cette opération revient à 4 écus 9 gros par 30 voitures.

Les ouvriers chargés de ce travail sont, en outre, tenus de charger les voitures qui conduisent les minerais cassés aux bocards. Ces voitures à chevaux, du contenu de 14 à 16 quintaux, sont conduites par des manœuvres, dont la paie est de 4 écus 12 gros par 30 voitures.

Le minerai d'étain étant intimement engagé dans sa roche, il faut, pour l'en séparer, le réduire en schlich, auquel on fait subir ensuite un grand nombre de lavages. Il y a de grandes précautions à prendre dans le grain du schlich à obtenir au bocard; il faut :

1°. Que ce grain soit toujours le plus égal possible, pour faciliter la séparation ultérieure des parties étrangères;

2°. Qu'il ait une grosseur convenable. S'il est trop gros, le schlich d'étain obtenu par le lavage retient beaucoup de gangue; s'il est trop fin, on perd beaucoup d'étain, que l'eau entraîne. En général, les dimensions du grain à obtenir doivent se déterminer d'après la manière d'être de l'étain oxidé dans la roche. Est-il disséminé en parties grossières, on bocardera à gros grains; est-il, au contraire, disséminé en parties fines, on bocardera fin : de là vient aussi qu'il faudrait éviter de bocarder indistinctement ensemble toutes les roches de minerai d'une même mine, et qu'un triage préalable de ces roches serait fort avantageux.

La grosseur du grain que l'on obtient au bo-

card dépend entièrement du garçon du bocard qui dirige les machines. L'égalité de grains en dépend aussi, en ce qu'elle est le résultat d'une marche uniforme; mais elle se trouve de plus liée à la nature du bocard.

Dans le bocardage à la fente, la sole de l'auge s'incline à partir du milieu vers les deux extrémités. Le minerai est donné sous le pilon du milieu, qui a une moindre élévation que les deux autres semblables à cet égard. Dans cette méthode, on n'obtient jamais un grain égal; car, ou la fente est libre, et le minerai soulevé passe indistinctement à travers, ou cette fente est abritée d'une planche qui retient une partie des grains de grosseur convenable, et les rejette sous les pilons.

Le bocardage à la grille est encore moins avantageux que celui à la fente, et soit que cette grille soit placée sur le devant ou sur le côté, jamais on ne peut ici espérer d'avoir un grain égal: en effet, outre que souvent les trous viennent à se boucher, tous les grains qui se rendent à la grille et ne rencontrent pas les trous, sont pilés de nouveau, et acquièrent un degré de finesse beaucoup trop grand.

Le bocardage à la bonde est celui de tous où l'on est le plus maître d'obtenir un grain désiré. Dans celui-ci, la sole de l'auge s'incline vers la bonde: le pilon opposé qui reçoit le minerai a la plus grande pesanteur et la moindre élévation; celui le plus rapproché a, au contraire, le moins de poids et le plus de jeu. Dans cette méthode, le minerai qui sort de dessous le premier pilon, avec le volume convenable à la quantité d'eau de

l'auge, fuit avec elle, passe sous les contre-pilons alors levés, sans en être frappé de nouveau, et s'échappe par la bonde. Si le minerai sort, au contraire, du premier pilon trop gros, il demeure sous les pilons deuxième ou troisième, dont il subit le choc, et ce n'est, en définitive, qu'après avoir acquis sa grosseur déterminée, qu'il est entraîné hors de l'auge : c'est d'après ces raisons, prouvées par l'expérience, que le bocardage à la bonde a été adopté dans la plupart des mines d'étain de la Saxe.

A Geyer, on ne voit que de ces bocards à bonde ; ils sont tous à deux auges de trois pilons chacune, et mus par une roue à chute supérieure de 14 pieds de diamètre. Leurs dimensions et construction étant, du reste, les mêmes qu'à Altenberg, nous croyons devoir ne pas les rappeler ici. Les schlichs, sortant de l'auge des bocards, vont se déposer dans trois canaux disposés à la suite les uns des autres. Le premier, long de 3 pieds, large de 12 pouces, et ayant la forme d'un coin, dont la hauteur de la base est de 12 pouces, se nomme *gefälle ;* c'est dans celui-ci que demeure le minerai le plus gros : les deux autres, longs de 12 pieds, larges de 12 pouces, profonds de 12 pouces, sont rectangulaires, et désignés, le premier sous le nom de *graben,* le deuxième sous celui de *geringe.* L'eau, à sa sortie de ce dernier, va se jeter dans la rivière ; en général, un tel bocard passe, en 24 heures, 180 à 200 quintaux de minerai brut.

Dans les premiers temps, les laveries de Geyer se composaient, comme la plupart de celles qu'on voit encore à Altenberg, de tables à toiles, schlem-

graben et tables dormantes. Les dimensions de ces diverses machines y étaient absolument les mêmes, ainsi que la manière de s'en servir. Les différens schlichs obtenus du bocard étaient passés directement aux tables à toiles et, lorsqu'il s'était amassé sur les toiles une épaisseur d'une demi-ligne à une ligne de schlich, on lavait les 5 premières toiles dans une première caisse, les trois autres dans une seconde : le résidu de la première caisse était ensuite rendu pur sur le *schlem-graben*, et celui de la seconde sur la table dormante. Le schlich ainsi purifié se nommait *kies*, et de chaque 30 voitures on retirait, terme moyen, 4 quintaux 53 livres de kies. Les frais de préparation, à partir du cassage exclusivement, et en y comprenant les bois à chauffer des laveries, se montaient à 5 écus 7 gros 6 pfennings et demi.

Aujourd'hui, les laveries de Geyer se composent seulement de 2 tables à secousse, et sur ces tables on amène le schlich à l'état de pureté nécessaire pour être grillé, sans avoir besoin de le passer, comme à Altenberg, ni sur le schlem-graben, ni sur la table dormante. Les tables à secousse de Geyer ont, du reste, les mêmes dimensions que celles d'Altenberg, et sont mues de la même manière. Les manipulations y sont établies sur les mêmes principes, ainsi que l'inclinaison, la tension et la secousse, qui sont toujours conformes à la nature du schlich soumis au lavage. Les schlichs obtenus du bocard, *gefälle*, *graben* ou *gerinnge*, sont passés séparément sur les tables à secousse. Chaque fois, on fait sur la table 3 séparations : l'une vers la tête, qui a 10 à 20 pouces

de large, et qu'on met en tas de côté; l'autre, qui va jusqu'au milieu (qu'on relave de même pour obtenir de nouveau 10 à 20 pouces de bon schlich, qu'on joint au premier; tandis que la deuxième division de ce second lavage est réunie, selon sa nature, soit au *graben*, soit au *geringe*); enfin, la troisième du milieu au bas, qu'on rejette dans tous les cas. Lorsqu'on a obtenu, en 3 tas séparés, une quantité suffisante de bon schlich des 3 natures de schlich du bocard, on les repasse encore une fois, et séparément, sur la table à secousse, et on achève, cette fois, de les purifier et de les amener à l'état de *kies* bon à griller. Par cette méthode de lavage, les frais de préparation de 30 voitures se montent ordinairement à 4 écus.

Le grillage du schlich lavé s'opère dans un fourneau à réverbère, long de 12 pieds, large de 9, et haut de 8 pouces sur les côtés, et de 20 pouces au milieu. Il est construit en brique, et a sa chauffe par côté; on y grille à-la-fois 18 à 20 quintaux de schlich *kies* avec trois quarts d'une corde de bois fendu, de 5 pieds de longueur, 6 pieds de largeur, et 6 pieds de hauteur. Quelquefois même, quand il y a beaucoup de fer arsenical, de blende ou de wolfram, on consomme jusqu'à une corde un quart. Pour séparer ensuite du schlich grillé les parties étrangères devenues plus légères, on le lave encore une fois au schlem-graben et une fois aux tables dormantes. De 2 quintaux et demi de schlich non grillé *kies*, on obtient environ 1 quintal de schlich pur, dit *zinnstein*. Les frais de rotissage et de lavage de 10 quintaux de *kies* sont d'un écu 12 gros. Grillage du schlich.

Le schlich pur est fondu dans un petit four à Fondage du schlich.

manche, de 7 pieds de hauteur, bâti de pierres de granite, et d'une manière analogue à ceux d'Altenberg; en 24 heures, on y passe de 6 à 9 quintaux. Pour obtenir 1 quintal d'étain, il faut 1 quintal et demi à 2 quintaux et demi de schlich et 1 cinq huitièmes à 1 tonne trois quarts de charbon, de 26,400 pouces cubes. Les frais de fondage pour 1 quintal d'étain sont de 8 gros 5 liards.

Résultats généraux. Il résulte de ce qui précède que d'une toise cube on retire ordinairement :

800 quintaux de minerai ;

Que 400 quintaux de minerai donnent 4 quintaux et demi de schlich non grillé,

Se réduisant à .... 2 quintaux de schlich grillé,

Qui donnent moyennement .... 1 quintal d'étain fondu.

D'ailleurs, les frais d'extraction, préparation et fondage de ces 400 quintaux de minerai, sont les suivans :

Frais d'exploitation de 400 quintaux de minerai.	15 écus, terme moy.	
Frais d'élévation au jour, et roulage intérieur.	5	8 gros.
Frais de cassage.	4	9
Frais de transport au jour.	4	12
Frais de préparation. (bocardage et premier lavage.	4	5
Frais de grillage et purification. . .	1	20
Frais de fondage.	0	9
Total.	35	15 gros.

Ainsi, le quintal d'étain revient maintenant

à 35 écus et demi : or, il ne vaut, dans le commerce, que 28 à 29 écus. L'exploitation du Stockwerk de Geyer n'offre donc aucun avantage : aussi voit on que, depuis plusieurs années, le Roi de Saxe est obligé de donner, tous les ans, une somme de 1200 à 1500 écus pour l'entretenir.

En 1820, on fabriqua à Geyer 270 quintaux, 10 livres d'étain, qu'on vendit 7828 écus 23 gros 5 liards. Il y eut un déficit de 3 écus par action à chaque trimestre; de sorte que la somme déboursée fut de 1536 écus. Les actions furent estimées encore 200 écus. Il y avait 300 ouvriers employés sous la direction d'un juré de mines.

TABLEA

Du bocardage et lavage d'un même minei

Quantité de minerai passée au bocard.	Temps du bocardage.	Nombre de jours de travail dans la semaine et d'heures dans le jour.		Nombre de pilons en activité.	Nombre des ouvriers employés.	Frais du bocardage,		Durée du lavage du schlich.	Nombre de jo de travail dans semaine et d'h dans le jour	
						en général.	par fuhr.			
fuhrs.	jours.	jours.	heures.	pilons.	ouvriers.			jours.	jours.	heur
37	13	7	24	6	2	th. g. pf. 1 0.11	pf. 8 $\frac{3}{37}$	16	6	13
536	19	7	24	6	2	th. g. pf. 1 13 7	pf. 8 $\frac{27}{67}$	16	6	13

Il résulte de ce tableau que, dans le lavage sur les tables ron 6 gros : les 30 fuhrs reviennent donc à 7 écus 12 gros, et montera à 11 écus.

Dans le lavage sur les tables à secousse, un fuhr coût matériaux nécessaires montent à 4 écus ; le tout se monte don bien moins pénible que celle des tables à toiles, sont plus avan vîte, environ dans le rapport de 3 à 2 ; 2°. en ce qu'à égalité d à 11. A la vérité, le schlich qu'on obtient sur ces tables à se de telle sorte, par exemple, que si un quintal de schlich, sortan en retirera que 4 sur les secondes.

…OMPARATIF

…ns deux établissemens différens.

Quantité de schlich soumise au lavage, en général.	Quantité de schlich soumise au lavage, par fuhr.	Genre et nombre de tables.	Frais de lavage, en général.	Frais de lavage, par fuhr.	Frais de lavage, par quint. schlich.	Frais du bocardage et lavage ensemble, par fuhr.	Frais du bocardage et lavage ensemble, par quint. schlich.
qx. 7 $\frac{3}{4}$	qx. $\frac{3}{16}$	1 tab. à toil.	th. g. pf. 7 23 7	g. pf. 0 5 2	th. g. 1 2 5	g. pf. 5 10	th. gr. 1 6
qx. 12 $\frac{1}{2}$	qx. $\frac{1}{4}$	1 tab. à sec	th. g. 6 10	g. pf. 2 11	g. pf. 12 4	g. pf. 3 7	g. pf. 15 3

toiles, un fuhr de 18 quintaux de minerai d'étain coûte envi-
l'on y joint 3 écus 12 gros, nécessaires en matériaux, le tout se

environ 4 gros ; les 30 fuhrs reviennent à 5 écus. D'ailleurs les
à 9 écus. Ainsi ces tables, dont la manipulation est d'ailleurs
tageuses que celles-ci : 1°. en ce que le travail s'y fait plus
matières lavées, les frais sont moindres et dans le rapport de 9
crasse est toujours moins pur que celui des tables à toiles :
du bocard, donne aux premières 5 parties de minerai pur, on

RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE LA MINE DE GEYER.

Noms des mines.	PRODUITS.					DÉPENSES.					Gain obtenu sur 50 k. d'étain produits.
	Nombre de mèt. cub. excavés.	Quantité de minerai fournie.	Quantité de schlich pur retirée.	Quantité d'étain obtenue à la fonte.	VALEUR.	Frais d'extraction.	de transport et préparat. mécaniq.	Frais de fondage.	Frais généraux.	TOTAL.	
	m.	k.	k.	k.	f.	f.	f.	f.		f.	f.
Geyer.	3 77	20,000	100	50	109 34	74 15	57 10	1 40	»	132 65	23 31

NOTICE

SUR

Le gisement et l'exploitation des mines de plomb de Villefort (Lozère);

Par M. L. MARROT, Aspirant-Ingénieur au Corps royal des Mines.

§ Ier. — *Situation topographique des mines. — Gisement et nature du minerai. — Historique de l'établissement.*

Situation topographique.

Toutes les mines enclavées dans la concession de Villefort sont situées à l'est du groupe de montagnes granitiques appelé la Lozère, qui occupe une portion considérable du département auquel il donne son nom.

Cette contrée est coupée par des vallées profondes, où coulent des torrens qui se dessèchent presque entièrement vers la fin de l'été, et qui, durant l'hiver et le printemps, sont alimentés par les neiges. Les sommets de la Lozère sont couverts de forêts de hêtres et de chênes, et surtout de pâturages abondans, qui forment une des principales richesses du pays. Les flancs des montagnes sont très-escarpés, et sont presque toujours couverts de châtaigniers, qui fournissent aux habitans leur principale nourriture.

La petite ville de Villefort, centre de la concession, est située à 4 myriamètres de Mende, et à-peu-près à la même distance d'Alais; elle est traversée par deux routes, dont l'une conduit de Mende dans l'Ardèche, et l'autre d'Alais au Puy. Ces routes sont presque impraticables pour les

voitures, et les transports s'y font à dos de mulets.

Dans ce moment, le point principal de la concession est le bourg de Vialas; c'est près de là que sont situées presque toutes les mines en activité. Vialas est à 15 kilomètres au sud-sud-ouest de Villefort; on suit, pour y arriver, la route de Villefort à Alais, que vient joindre un chemin de traverse praticable pour les mulets.

Description des filons.

On trouve dans cette contrée un grand nombre de filons gisant dans les montagnes de micaschiste qui environnent la Lozère. Les couches schisteuses sont adossées au massif granitique, et tendent à le recouvrir : leur inclinaison varie beaucoup; à Vialas, elle est de 10 degrés (je n'ajouterai rien de plus sur ce terrain, parce que j'en ai donné une idée dans une notice sur la constitution géologique de la Lozère).

Les filons de galène dont je dois m'occuper peuvent être divisés en filons principaux et en filons du second ordre, qui sont des branches ou des ramifications des premiers. Parmi les filons principaux doivent être rangés ceux de Villaret, de Malfrèzes et de Mazimbert. Ces trois filons ont leur direction générale de l'est à l'ouest : les deux premiers, situés près de Vialas, sont connus sur une longueur de plus de 6 kilomètres, et dans certains endroits, leur crête a une largeur qui excède 15 mètres. Le filon de Mazimbert, qui se trouve à un kilomètre de Villefort, a aussi une puissance considérable; il est placé à la jonction du granite et du micaschiste ; il paraît vertical, ainsi que ceux de Villaret et de Malfrèzes.

Parmi les filons du second ordre, on doit ran-

ger ceux qu'on exploite actuellement; ils sont dirigés du nord-est au sud-ouest, à-peu-près dans une même ligne, et l'on a de fortes raisons de croire qu'ils ne forment qu'un seul filon qui réunit les deux filons principaux de Malfrèzes et de Villaret : au moins, est-il certain qu'ils sont réunis par des filons croiseurs. Ces filons secondaires ont eux-mêmes des ramifications, qui, après s'en être éloignées plus ou moins, finissent presque toujours par leur devenir parallèles. Les filons de Peyrelade paraissent également être des ramifications d'un filon considérable qui se trouve à 5 kilomètres au nord de Villefort.

Tous les filons dont je viens de parler présentent l'aspect d'une fente irrégulière, en partie remplie de fragmens de micaschiste, au milieu desquels ont cristallisé la galène, ainsi que le fer sulfuré, le cuivre pyriteux, la blende, la chaux carbonatée, la baryte sulfatée et le quarz qui l'accompagne. La crête des filons est ordinairement composée de baryte sulfatée et quelquefois de quarz : leurs parois sont rarement planes et le plus souvent irrégulières; on y distingue, en quelques endroits, des salebandes formées d'une couche mince de schiste tendre et argileux. La galène, dans ces filons, forme tantôt un filet continu, tantôt des colonnes verticales; le plus souvent elle se trouve par places ou par rognons. On peut dire qu'en général ces filons ont une marche très-irrégulière, et que le minerai y est très-disséminé dans sa gangue.

Il me reste à ajouter quelques détails sur les filons qui sont les mieux connus par suite des travaux qu'on y a exécutés; j'en parlerai dans l'ordre que paraissent leur assigner leur richesse et leur importance.

Le filon de la *Picadière* est situé à environ 2 kilomètres de Vialas. Son inclinaison éprouve de grandes variations ; on peut dire cependant qu'en masse elle est de 80 degrés à l'horizon. Il plonge, au sud-est, en sens inverse de la pente de la montagne qui le renferme. Sa puissance à la partie supérieure est d'un mètre ; dans la profondeur, elle atteint plus du double, et le minerai se dissémine dans la gangue. Ce filon est interrompu par une faille remplie d'argile ; mais il reparaît au-delà, et va joindre le filon de Villaret. Le minerai de la Picadière est une galène à petites facettes, très-peu pyriteuse. Ce filon a plusieurs branches, qui lui deviennent parallèles après s'en être éloignées plus ou moins.

Il existe à la mine du *Colombert* deux filons parallèles, qui vont très-probablement se réunir à celui de la Picadière ou à ses ramifications, et qui ont la même inclinaison que ce dernier. Leur puissance n'est guère que d'un mètre, ils sont très-irréguliers ; on y trouve fréquemment de très-beaux cristaux de chaux carbonatée. La galène y est à facettes moyennes, et le minerai s'y trouve moins disséminé que dans les autres filons : aussi est-il souvent propre au bocardage à sec ; les pyrites y sont assez fréquentes.

Le filon du *Bosviel* est le plus rapproché de Vialas ; on y voit souvent le toit et le mur bien détachés et bien plans. Sa puissance est ordinairement de 2 mètres, et son inclinaison de 70 degrés à l'horizon. Il a plusieurs branches parallèles, et la galène s'y trouve très-disséminée dans sa gangue, qui contient plus de baryte sulfatée que celle des autres filons. La galène y est pyriteuse et à petites facettes. Ce filon se réunit, au moins par une branche, à ceux du Colombert.

Quant aux filons de Villaret et de Malfrèzes, ils sont fort peu connus ; le minerai y paraît très-disséminé. La galène du filon de Mazimbert est remarquable par la grande quantité de blende dont elle est mélangée. Les quatre filons de Peyrelade ont très-peu de puissance ; la galène y forme un filet à-peu-près continu d'environ 10 à 15 centimètres d'épaisseur.

Voici les résultats des essais qui ont été faits, à l'École des mines, sur les galènes des principaux filons, pour connaître leur teneur en argent ; elles avaient été préalablement lavées avec beaucoup de soin.

DÉSIGNATION des FILONS.	TENEUR EN ARGENT, EXPRIMÉE				
	en fractions décimales.	en parties du quintal métrique	en parties du quintal ancien.		
		grammes.	onces.	gros.	grains.
La Picadière....	0,0041	410	6	4	34
idem...........	0,0043	430	6	7	28
Le Colombert...	0,0024	240	3	6	51
Le Bosviel......	0,0028	280	4	3	60
Mazimbert.....	0,0020	200	3	1	43
Villaret........	0,0005	50	0	6	28
Malfrèzes......	0,0011	110	1	6	5

Les galènes des filons du Bosviel et du Colombert étant pyriteuses, et celle de Mazimbert étant en outre mélangée de blende, il est possible qu'en réalité ces galènes ne soient guère moins riches que celle de la Picadière. Les résultats obtenus pour les galènes de Villaret et de Malfrèzes pa-

raissent extraordinaires et ont besoin d'être vérifiés.

Historique des travaux.

Les mines de Villefort ont été exploitées à une époque assez reculée. On a trouvé au Colombert une galerie qui présentait des indices de l'emploi du torréfage, et dans d'autres filons des environs, tels que celui de la Rouvière, canton des Vans, on a reconnu d'anciens travaux très-considérables et analogues à ceux qu'on exécute maintenant dans les mines de Vialas.

Il y a environ cinquante ans, on exploita les filons de Peyrelade et quelques autres. Le schlich obtenu sur les lieux était transporté sur les bords du Rhône, où l'on avait établi une fonderie près de Rochemaure (Gard); mais les frais considérables du transport ne permirent pas de continuer long-temps cette entreprise.

Une compagnie s'étant formée et ayant obtenu la concession des mines de Villefort, la fonderie fut établie, en 1777, sous la direction de M. de Gensanne. On exploita, durant les trois ou quatre premières années, le filon de cuivre pyriteux de Fressinet, près de Villefort, et les filons de galène de Peyrelade et de Mazimbert. On essaya aussi de faire des fouilles dans les filons de plomb de Chamier, Puybarès et la Rouvière, près des Vans; on abandonna bientôt les trois premiers filons, que l'on trouva trop pauvres; et l'éloignement des trois autres, leur situation dans un pays montueux, où les transports ne peuvent se faire qu'à dos d'hommes, l'absence des forêts propres à fournir des bois d'étançonnage, déterminèrent à ne pas y poursuivre les travaux.

L'entreprise allait donc être abandonnée presque dès son origine, lorsque le hasard fit décou-

vrir du minerai dans la petite rivière du Luech, qui coule au-dessous de Vialas. On dirigea les recherches de ce côté, et, en 1781, on reconnut le filon de la Picadière, et, plus tard, ceux du Bosviel et du Colombert. Dès-lors, on s'attacha uniquement à ces filons, qui, depuis plus de quarante ans, ont alimenté la fonderie de Villefort.

Depuis quelques années, on a exécuté des recherches sur les filons de Villaret et de Malfrèzes; enfin, on vient de reprendre les filons de Peyrelade, qui paraissent avoir été abandonnés autrefois sans motifs suffisans.

§ II. — *Extraction et transport au jour du minerai.*

Disposition générale des travaux.

Le système général d'exploitation suivi dans les mines de Villefort consiste à couper toute la masse à exploiter en plusieurs massifs séparés par des puits et par des galeries, puis à exploiter séparément chacun des massifs.

Les galeries percées dans le filon et les traverses qui servent à l'atteindre ont 2 mètres de hauteur sur 1m,33 de largeur. Les puits qui vont d'une galerie à l'autre sont espacés de 60 mètres; ils ont de 20 à 25 mètres de hauteur, 1m,33 de largeur, perpendiculairement aux parois du filon, et 3m,33 dans l'autre sens, y compris un compartiment de 1m,33, où l'on place les échelles.

Cette disposition établie, on commence l'exploitation d'un quelconque des massifs par un travail nommé *kasths*, qui a la plus grande analogie avec les *strosses* ou gradins renversés.

Pour l'exécuter, les ouvriers, en divers points de la galerie inférieure au massif que l'on attaque, se placent sur des planchers portés par des solives appuyées dans des entailles; ils travaillent de cette manière jusqu'à ce qu'ils aient ex-

haussé le plafond d'une hauteur de galerie. Alors, on établit sur toute la galerie inférieure un plancher solide, dans lequel on laisse un trou de décharge et une ouverture pour le passage des ouvriers: ceux-ci, portés sur le plancher, continuent à abattre au-dessus d'eux, en formant des gradins renversés. Au premier triage, qui s'exécute dans les kasths, on laisse toutes les parties stériles, qui suffisent pour exhausser continuellement les ouvriers.

On exploite ainsi la masse comprise entre deux puits et deux galeries; on laisse des massifs près du puits et de la galerie supérieure, pour lier les parois du filon; on en laisse même quelquefois au plafond de la galerie inférieure, quand le filon est très-large.

Tandis que l'on exploite les massifs compris entre les plans de deux galeries d'écoulement, on fait des recherches dans les massifs inférieurs, soit en y perçant des puits, soit en ouvrant de nouvelles traverses pour les rejoindre.

Les excavations, soit dans le rocher, soit dans les filons, sont pratiquées au moyen de la poudre. Son emploi dans les mines de Vialas ne présente rien de particulier.

Mode d'excavation.

On donne aux trous de mine 0m,40 à 0m,55 de profondeur, sur 0m,022 de diamètre. Les cartouches contiennent 61 grammes de poudre (2 onces); on en place quelquefois deux dans un même trou. On se sert d'épinglettes en fer de 0m,90 de longueur sur 0m,005 de diamètre; on bourre avec la poussière qu'on a obtenue du trou de mine, et par-dessus on tasse de l'argile. Les mèches sont faites avec des lanières de papier, sur lequel on a écrasé de la poudre mouillée; on emploie des amorces de coton soufré longues d'un décimètre.

Le minerai abattu est trié grossièrement dans les kasths, jeté par les trous de décharge, et transporté au jour dans des brouettes, qui en contiennent 125 kilogrammes (3 quintaux du pays). Ces brouettes ne présentent rien de particulier. Pour élever le minerai du fond des puits qui sont percés au-dessous du niveau des galeries de roulage, on emploie des tours mus par deux hommes. Transport au jour.

Ordinairement on ne boise point les galeries de roulage et d'écoulement qui sont percées dans un micaschiste très-solide. Les galeries d'allongement ouvertes dans le filon sont boisées, afin de supporter les déblais provenant de l'exploitation du massif supérieur. Ordinairement on place simplement au plafond un plancher, porté sur des solives reposant dans des entailles. Boisage.

Dans les puits, on ne boise que les côtés perpendiculaires au filon; les solives, espacées d'un mètre, sont portées dans des entailles, et sont placées perpendiculairement aux parois du filon; on chasse derrière des bois de garnissage.

On boise avec le chêne et le châtaignier; le premier ne s'emploie qu'équarri.

L'airage a lieu au moyen de deux galeries d'écoulement, situées à des niveaux différens. Airage.

Le minerai, amené par des brouetteurs, est déposé à l'entrée des galeries, et arrosé, à l'aide de pelles, avec l'eau qui sort de la mine, afin d'enlever la boue qui le souille. On le casse ensuite, soit avec une masse, soit avec un marteau à main; on en rejette les parties stériles, et on le sépare en minerai à cribler et en minerai à bocarder. Triage et débourbage.

Le minerai trié est transporté au bocard dans

des caisses oblongues portées sur deux roues, et traînées par un homme; ces caisses contiennent 208 kilog. (cinq quintaux du pays) de minerai.

§ III. — *Résultats économiques.*

Le nombre total des ouvriers employés aux mines de Vialas, en 1821, s'élevait à cent cinquante-sept, sur lesquels il y avait quatre-vingt onze mineurs, y compris un maître-mineur et quatre sous-maîtres. Les mineurs reçoivent généralement 30 francs par mois; ils sont toutefois rangés par classes, selon le salaire qu'ils reçoivent, et passent de l'une à l'autre, quand ils l'ont mérité. On n'employait alors que trois boiseurs; les forgerons étaient au nombre de quatre. Les manœuvres sont rangés par classes, et reçoivent depuis 15 jusqu'à 21 francs par mois. Il en est de même des casseurs et trieurs : il y a parmi ces derniers des enfans qui n'ont que 12 francs par mois. En 1821, on comptait, à Vialas, cinquante manœuvres ou trieurs.

Les ouvriers blessés pendant leur travail, ou attaqués de maladies qui sont reconnues en provenir, sont soignés par le médecin de l'établissement : pendant ce temps, ils reçoivent la moitié de leur salaire.

On consommait alors, par mois, 400 kilog. de poudre, 260 kilog. d'huile, et 45 kilog. de fer à fleurets.

Le produit des mines par mois était le suivant :

	Quintaux métriq.	Quint. ord.	Quint. du pays.
Minerai à bocarder.	1116	2232	2679
Minerai à cribler...	150	300	361

Le minerai brut, rendu au bocard, revient à environ 5 francs le quintal métrique, non compris les frais d'administration, etc.

§ IV. — *État actuel des travaux. — Observations diverses.*

Les travaux du filon de la Picadière comprennent, dans ce moment, sept plans de galeries; on y arrive par trois percemens qui atteignent les premier, deuxième et quatrième plans. Les sixième et septième plans sont noyés, et demandent, pour la continuation des travaux, une nouvelle galerie d'écoulement; on peut aussi les prolonger au-delà de la faille d'argile, qui ne fait qu'interrompre le filon, et aller joindre par là le filon de Villaret.

Il existe à la mine du Colombert deux filons, qui sont coupés par un même percement. Le filon des *Amiens* a trois plans de galeries, ainsi que celui des *Avesnes;* mais on a commencé à percer dans ce dernier les galeries du quatrième plan; les eaux, qui y sont arrivées tout-à-coup, et qui ont rempli le puits que l'on avait approfondi, ont interrompu ces travaux, que l'on n'espère guère reprendre qu'après le percement d'une nouvelle galerie d'écoulement, qu'on fera avec d'autant plus de motifs, que le filon paraît s'enrichir dans la profondeur.

Les travaux du filon du Bosviel présentent sept plans de galeries. Les deux plans inférieurs sont intacts; en outre on a tout lieu de croire que l'on trouvera du minerai en prolongeant les travaux vers le Colombert. Il y a au Bosviel trois galeries d'écoulement.

Les travaux du filon de Mazimbert consistent en trois galeries ouvertes dans le filon. Les deux galeries inférieures ont donné un minerai très-disséminé; ce filon offre peu d'espoir.

Les travaux exécutés sur les filons de Villaret et de Malfrèzes sont si peu considérables, qu'on n'en peut rien conclure; mais ces recherches sont certainement à reprendre.

Les filons de Peyrelade, quelque peu puissans qu'ils soient, sont peut-être les mieux réglés des environs de Villefort, et si le minerai en est aussi riche qu'on le dit, on les exploitera certainement avec avantage.

On voit, d'après cet exposé, que les mines de Villefort présentent encore de grandes ressources, et qu'un grand nombre de massifs, ou même de filons bien reconnus n'ont, pour ainsi dire, point été attaqués.

Mais, pour tirer tout le parti possible de ces richesses, il me paraît indispensable, non pas de changer le mode d'exploitation, qui, en lui-même, est très-bon et très-bien approprié à l'espèce de gîte du minerai, mais d'exécuter certains travaux dans des vues plus étendues qu'on ne l'a fait jusqu'ici. Je veux sur-tout parler des galeries d'écoulement que l'on a percées, pour ainsi dire, à chaque plan de galerie, à mesure que les travaux ont été approfondis; tandis qu'on pouvait, en attaquant, dès l'origine, les filons le plus bas possible, n'ouvrir qu'un seul percement. Par un motif semblable, il était bien naturel de faire communiquer les travaux des trois mines, puisqu'on sait que les filons communiquent entre eux, soit par leur prolongement, soit par des ramifications : on aurait par là reconnu de nouveaux massifs et ouvert un champ plus vaste à l'exploitation.

Je ferai, en outre, observer qu'on a été attaquer les filons de Malfrèzes et de Villaret à plus de 4 kilomètres de Vialas, dans un pays presque

inabordable, tandis que ces mêmes filons se montrent tout près de Vialas. Le filon de Villaret, notamment, traverse la montagne de la Picadière, où il est coupé par le filon que l'on y exploite; une galerie de recherche, poussée dans la mine de la Picadière, aurait donc plusieurs avantages : 1°. elle ferait reconnaître le prolongement du filon que l'on exploite; 2°. elle atteindrait le filon de Villaret à un niveau très-bas, avantage fort grand, si on le jugeait exploitable.

Enfin je ferai remarquer qu'il est bien à désirer que, dans des mines de l'importance de celles de Villefort, on abandonne le mode de transport par brouettes, pour lui substituer un roulage moins pénible, plus expéditif et moins dispendieux.

Je dois ajouter, en terminant, que la plupart des observations que je viens de faire ne s'appliquent pas aux travaux que l'on exécute actuellement. Depuis 1822, la compagnie des mines de Villefort, sur la proposition de M. Mosnier-Chapelle, son Directeur, a ordonné l'exécution d'une immense galerie d'écoulement, tracée d'après les vues les plus grandes et les plus justes; ce percement, qui suivra constamment les filons, aura plus d'un kilomètre de longueur, et donnera écoulement aux eaux des trois mines, dans lesquelles il ouvrira, dans la profondeur, de nouveaux champs d'exploitation. Enfin, si le filon de Villaret est productif, cette même galerie, prolongée, l'atteindra à un niveau très-bas. Ce bel ouvrage doit donc éviter les frais de plusieurs autres percemens, et mettre, pour un long temps, à l'abri des eaux les travaux des mines de Vialas.

Sur la fonte de fer d'Ancy-le-Franc (Yonne);
Par M. P. BERTHIER, ingénieur des mines.

M. le marquis de Louvois a établi à Ancy-le-Franc un haut-fourneau, que l'on a mis en feu, pour la première fois, il y a deux ans. On y traite des minerais hydratés en gros grains, que l'on trouve en abondance presqu'à la surface du sol, et qui rendent de 0,40 à 0,50 dans les essais en petit : la fonte qu'ils produisent en grand est d'excellente qualité; elle est déjà très-recherchée pour les objets de moulerie, sur-tout à Paris. Cette fonte est très-grise, à grains fins, douce, très-facile à limer, à tarauder, à tourner, etc.; elle prend un poli presque aussi beau que l'acier : on peut la forger à froid jusqu'à un certain point; enfin elle donne, par l'affinage, du fer de première qualité.

Lorsqu'on la traite par l'eau régale, elle laisse un résidu noir et très-léger, dont la proportion s'élève à 0,06. Quand on grille ce résidu, il se décolore aisément, et se change en une poudre fine, un peu rougeâtre, qui se dissout presqu'en totalité dans la potasse caustique liquide, et qui se comporte en tout comme de la silice gélatineuse. Les laitiers d'Ancy-le-Franc étant inattaquables par les acides, cette silice ne peut provenir que du silicium contenu dans la fonte. D'après les résultats de l'analyse, on trouve que celle-ci doit renfermer 0,012 de silicium et au moins 0,024 de carbone. Est-ce à la présence du silicium que la fonte d'Ancy-le-Franc doit ses qualités remarquables? Je serais tenté de le croire, en considérant que la fonte du Shropshire, réputée la meilleure de l'Angleterre pour la moulerie, en contient aussi une assez grande proportion. j'en ai trouvé 0,007 dans un échantillon de cette fonte, qui avait été refondue dans un fourneau à la Wilkinson.

DESCRIPTION

D'un procédé à l'aide duquel on obtient une espèce d'acier fondu semblable à celui des lames damassées de l'Orient;

Par M. BRÉANT, vérificateur des essais à la Monnaie.

Les expériences faites par MM. Stodart et Faraday sur la composition de l'acier de l'Inde, connu sous le nom de *wootz*, et sur les alliages de l'acier ordinaire avec plusieurs métaux, furent, pour la Société d'Encouragement française, l'occasion de nommer une commission chargée de les répéter, et de chercher à perfectionner nos aciers. M. Bréant, l'un des commissaires, entreprit, à cet effet, un grand nombre d'essais, et les résultats qu'il obtint paraissant déjà fort importans, la Société et le Ministre de l'intérieur firent les fonds nécessaires pour continuer et multiplier ces expériences. M. Bréant s'est occupé des alliages de l'acier, tant sous le rapport de leur qualité pour former des tranchans propres à différens usages, que sous celui du damassé que l'on peut y développer lorsqu'ils sont employés. Il a eu beaucoup d'obstacles à surmonter, tantôt pour opérer la fonte des aciers et alliages, ou pour obtenir des masses sans boursoufflures; tantôt pour forger les produits obtenus, ce qu'il a été le plus souvent obligé de faire lui-même, faute d'avoir pu trouver des ouvriers qui eussent assez de patience et d'intelligence pour y réussir.

Les *Annales des Mines* contiennent l'exposé des faits nouveaux et des analyses qui ont été publiées depuis quelques années, et il suffit

d'y recourir (1) pour connaître tout ce qui a été fait, dans ces derniers temps, pour perfectionner la fabrication de l'acier. On y remarquera (2) particulièrement l'extrait d'un rapport de M. Héricart de Thury sur les aciers d'alliage et sur les aciers damassés, à l'occasion de ceux présentés à la Société d'Encouragement par M. Sir Henry, coutelier à Paris.

Les deux communications des travaux de M. Bréant, publiées dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'année 1821, laissaient encore beaucoup à désirer sous le rapport de la nature des aciers damassés de l'Orient, et quoiqu'il parût que les apparences moirées ou ondulées sont le résultat d'une composition particulière et non d'un travail mécanique, il restait à déterminer cette composition, ou du moins il fallait en trouver une qui produisît dans l'acier des apparences semblables. M. Bréant a trouvé la solution du problème du damassé dans une incorporation de carbone surabondante à la combinaison qui forme l'acier ordinaire. Suivant ce chimiste, c'est en raison des deux états de combinaison dans lesquels le carbone se trouve dans l'acier, que celui-ci devient susceptible de présenter le damassé. Un grand nombre d'expériences, faites depuis cette époque, l'ont mis dans le cas de poser les bases de plusieurs procédés sur lesquels on peut établir une fabrication suivie de diverses espèces d'acier fondu. La Société d'Encouragement avait d'abord pensé qu'il ne convenait pas, dans l'intérêt de nos fabriques, de répandre tout de suite les détails des procédés, afin

(1) *Annales des Mines*, tom. VI, pag. 579; tom. VII, pag. 555; tom. VIII, pag. 166.

(2) *Idem*, tom. VII, pag. 555.

d'assurer aux artistes français une priorité toujours fort avantageuse; mais d'autres considérations l'ont engagée à publier les résultats obtenus par M. Bréant, et ils sont consignés dans le nº. 230, pag. 222, de son *Bulletin* pour 1823. Leur importance ne permet pas d'en retarder l'insertion dans les *Annales*, ni même d'attendre les dessins des fourneaux et les nouveaux détails promis par l'auteur, et relatifs aux précautions qu'il a dû prendre pour assurer le succès de son procédé.

La surface moirée des sabres orientaux a dû faire croire qu'ils sont fabriqués avec ce qu'on appelle une *étoffe*, c'est-à-dire un composé de barres ou de fils d'acier soudés, corroyés, et tordus en divers sens.

Une longue série d'expériences entreprises pour éclaircir la question m'a démontré que la matière du damas oriental est un acier fondu plus chargé de carbone que nos aciers d'Europe, et dans lequel, par l'effet d'un refroidissement convenablement ménagé, il s'est opéré une cristallisation de deux combinaisons distinctes de fer et de carbone.

Cette séparation est la condition essentielle; car si la matière en fusion est subitement refroidie comme elle le serait dans une petite lingotière, il n'y a pas de damassé apparent : il n'est visible qu'à la loupe.

La loi découverte par M. Berzelius, suivant laquelle se combinent les corps qui ont entre eux quelque affinité, explique d'une manière satisfaisante la propriété qui caractérise l'acier des damas orientaux, de se moirer à la surface,

lorsque, après l'avoir poli, on le soumet à l'action d'un acide très-affaibli.

Si les combinaisons des corps qui ont entre eux de l'affinité n'ont lieu qu'en proportions fixes, tout ce qui excède cette proportion n'entre pas en combinaison, mais se trouve seulement mélangé : or, le fer et le carbone forment au moins trois combinaisons distinctes. L'acier qui est à l'une des extrémités de la série ne contient qu'une très-petite proportion de carbone (un centième); la plombagine, au contraire, contient douze à quinze fois plus de carbone que de fer. Les fontes blanche et noire occupent l'espace intermédiaire.

Supposons que dans la préparation de l'acier on ne fasse pas entrer assez de carbone, il n'y aura d'acier formé qu'en proportion de la quantité de carbone combinée; le reste sera du fer seulement mélangé : alors le refroidissement s'opérant lentement, les molécules d'acier plus fusibles tendront à se réunir et à se séparer de la portion du fer. Cet alliage sera donc susceptible de développer un damassé; mais ce damassé sera blanc, peu prononcé, et le métal ne sera pas susceptible d'une grande dureté, parce qu'il sera mêlé de fer.

Si la proportion du carbone est précisément telle qu'elle doit être pour convertir en acier la totalité du fer, il n'y aura qu'une seule espèce de combinaison; dès-lors aucune séparation de composés distincts n'aura lieu pendant le refroidissement : c'est ce qui m'est arrivé plusieurs fois, et ce qui, je le présume, pourra servir à faire reconnaître la meilleure proportion de carbone dans la fabrication de l'espèce d'a-

cier la plus propre au travail des métaux (1).

Mais si le carbone est un peu en excès, la totalité du fer sera d'abord convertie en acier; ensuite le carbone resté libre dans le creuset se combinera dans une nouvelle proportion avec une partie de l'acier fondu déjà formé. Il y aura deux composés distincts, de l'acier pur et de l'acier carburé ou de la fonte. Ces deux composés, d'abord mélangés indistinctement, tendront à se séparer lorsque la matière liquide restera en repos: alors il se formera une cristallisation, dans laquelle les molécules des deux composés se rangeront suivant leur affinité respective ou leur degré de pesanteur.

Que l'on trempe dans de l'eau acidulée une lame faite avec de l'acier ainsi préparé, il se développera un damassé très-apparent, dans lequel les parties d'acier pur seront noires, et celles d'acier carburé resteront blanches, parce que l'eau acidulée met plus difficilement à nu le carbone de l'acier carburé.

Le carbone irrégulièrement réparti dans le métal et formant deux combinaisons distinctes est donc ce qui donne lieu au damassé, et l'on conçoit aisément que plus le refroidissement est lent, plus les veines damassées doivent être larges : c'est pour cette raison qu'il faut peut-être éviter de fondre des masses trop considérables, ou bien il faudra apporter quelque modification au procédé. A l'appui de mon opinion, je crois devoir citer Tavernier, qui, dans son *Voyage en*

---

(1) On sait que les scies doivent avoir des dents plus ou moins larges, suivant la dureté des substances auxquelles elles sont appliquées. C'est par la même raison que l'acier qui convient le mieux aux instrumens destinés à couper les chaires molles doit être différent de celui qui convient particulièrement aux limes, aux burins, aux rasoirs, etc.

Perse, a donné quelques renseignemens qui nous font connaître la grosseur des billes d'acier qui, de son temps, étaient employées à la fabrication des lames damassées :

« L'acier susceptible d'être damassé vient, dit-
» il, du royaume de Golconde; il se trouve, dans
» le commerce, en pains de la grosseur d'un pain
» d'un sou ; on les coupe en deux pour voir
» s'ils sont de bonne qualité, et avec chacune des
» deux moitiés on fait une lame de sabre. »

D'après ce récit, il est évident que cet acier de Golconde était en culots comme le *wootz*, et que les culots ne devaient pas peser plus de 2 ou 3 kilogrammes.

Tavernier ajoute que, si dans la trempe de cet acier on suivait les procédés d'Europe, il se briserait comme du verre. On doit conclure de là qu'il est très-difficile à forger, et Réaumur en a fait l'observation.

Ce savant, ayant reçu du Caire des échantillons d'acier indien, ne trouva personne, à Paris, qui pût les forger. A ce sujet, il déclare que ce doit être la faute de nos ouvriers, puisque les Orientaux parviennent à travailler cette espèce d'acier. J'expliquerai bientôt comment il faut procéder pour réussir.

Comme le carbone a la principale influence non-seulement sur le damassé de l'acier, mais encore sur ses qualités intrinsèques, il est à craindre que MM. Stodart et Faraday n'aient été induits en erreur dans leur travail, ainsi que je l'ai été moi-même long-temps, et qu'ils n'aient attribué à des alliages métalliques des effets dus plus particulièrement à une proportion plus considérable de carbone.

Je suis très-éloigné de contester l'existence des

alliages métalliques dans les sabres orientaux, bien que dans le peu de fragmens que j'ai eu occasion d'analyser je n'aie trouvé ni argent, ni or, ni palladium, ni rhodium; il me semble néanmoins très-probable que diverses combinaisons auront été tentées. En effet, le même peuple qui était parvenu à durcir le cuivre par des alliages n'a-t-il pas dû, par analogie, essayer le même procédé sur le fer?

Cette façon de voir m'a conduit à former divers alliages métalliques, dont quelques-uns m'ont donné des résultats satisfaisans. Une des lames de sabre que j'ai présentées à l'Exposition contient un demi pour cent de platine, et une proportion plus considérable de carbone que dans les aciers ordinaires : c'est à cet excès de carbone qu'est particulièrement dû son damassé. D'excellens rasoirs ont été faits avec le même alliage.

Quoi qu'il en soit, je conseille de ne faire l'essai de ces alliages qu'après s'être bien assuré des effets du carbone pur, et de commencer par des combinaisons en très-petites proportions. L'addition d'un métal rend l'acier plus cassant; j'ai cependant obtenu des alliages ductiles en portant l'or et le platine jusqu'à 4 pour 100, et le cuivre et le zinc jusqu'à 2.

Quant au zinc, je dois avertir qu'il y a quelques précautions à prendre lorsqu'on veut l'employer dans l'alliage; il détonne fortement : il ne faut donc en projeter dans le bain que de très-petites portions. J'ajouterai qu'en forgeant l'acier allié de zinc, une partie du métal volatil se dissipe.

Le manganèse s'unit facilement à l'acier, et l'alliage se forge aisément; mais il est très-cas-

ficile à forger. La plupart de ceux que j'ai préparés n'ont pu être étirés qu'à une température dont les limites sont assez resserrées. Chauffés au rouge blanc, ils s'émiettent sous le marteau; au rouge cerise, ils deviennent durs et cassans, et cette disposition augmente en proportion de l'abaissement de température : de telle sorte qu'une fois parvenus au-dessous du rouge cerise, si on veut en enlever une portion avec le burin ou la lime, on les trouve beaucoup plus durs et plus cassans qu'après leur entier refroidissement.

Il est évident que les aciers de l'Inde, que la plupart de nos ouvriers ne peuvent étirer, sont dans le même cas; et si les Orientaux les travaillent sans peine, c'est qu'ils connaissent les limites de la température qui leur convient.

Je me suis assuré, par l'expérience, que les veines orbiculaires, que les ouvriers appellent *ronces*, et qui se voient sur les belles lames orientales, sont le résultat de la manière de forger. Si on se contente d'étirer l'acier en long, les veines seront longitudinales; si on l'étend également en tous sens, le damassé a une apparence cristalline; si on le rend onduleux dans les deux sens, il y aura des nuances comme au damas d'Orient. Il ne faudra pas de longs essais pour arriver à produire tel dessin de moiré que l'on voudra.

Quant au procédé à suivre pour développer le damassé de manière que l'acier puisse devenir noir ou bleuâtre sans perdre son poli, celui qui m'a paru le meilleur est celui des Orientaux. M. le vicomte Héricart de Thury en a donné la description dans un rapport inséré au *Bulletin de la Société d'Encouragement*, Numéro ccx, décembre 1821, vingtième année, page 361.

MÉMOIRE

SUR

LES DEUX FORGES CATALANES DE GINCLA ET DE SAHORRE;

Par M. COMBES, Ingénieur au Corps royal des Mines.

§ Ier. — *Forge de Gincla.*

Situation de l'usine par rapport au combustible et au minerai.

L'USINE de Gincla est située dans le canton de Roquefort, arrondissement de Limoux, département de l'Aude, à 3 myriamètres sud-est de Quillan, sur la Boulsanne, petite rivière dont les eaux sont peu abondantes dans les temps secs. On ne peut y aborder qu'en traversant des montagnes assez élevées, où il n'existe aucun chemin praticable pour les voitures. Les produits sont transportés à dos de mulets jusqu'à Quillan, d'où une grande route les conduit à Carcassonne; de là ils sont expédiés dans les lieux de consommation, qui sont principalement de Bordeaux à Toulon. Je crois cependant qu'il y a un chemin de Gincla à Caudiès, où peuvent passer des charrettes à voie très-étroite. Quoi qu'il en soit, on évalue le prix du transport du fer de Gincla à Carcassonne, à 2 fr. 50 c. ou 3 fr. par quintal métrique.

Le minerai que l'on traite est pris maintenant en totalité aux mines de Fillols, arrondissement de Prades, département des Pyrénées-Orientales. M. Rivals, propriétaire des forges, est aussi con-

cessionnaire de ces mines ; elles alimentent son usine et presque toutes celles du département de l'Aude, qui vont s'approvisionner à Molitg, où est un entrepôt de minerais. Les chemins pour aller de Gincla à Fillols sont très-mauvais, et plus difficiles encore que celui qui mène à Quillan. Les transports se font sur des ânes ou des mulets, et l'on en évalue les frais à 3 fr. ou 4 fr. par quintal métrique, pour une distance qui est à-peu-près de 3^{myria}8.

Le combustible employé est en très-grande partie du charbon de hêtre, que l'on prépare sur les montagnes de formation primitive qui environnent l'usine. Le prix du transport du charbon est évalué à 1 fr. 25 c. par quintal métrique.

Disposition générale des parties de l'usine.

On trouve à Gincla la réunion la plus complète de toutes les parties d'une usine à fer, que l'on chercherait inutilement dans d'autres forges de cette espèce. La plupart des ateliers sont d'une origine récente; on en doit la construction à M. Rivals, frère du propriétaire actuel, ancien receveur général du département de l'Aude. La direction de l'usine est confiée à un homme très-intelligent, qui ne néglige rien pour en augmenter les produits, et qui a tiré tout le parti possible du faible cours d'eau qu'il avait à sa disposition. Deux forges, deux martinets, dont l'un sert à corroyer des aciers; une fenderie, un tour à tourner le fer et la fonte, un moulin à scier, sont, à des distances très-petites, sur ce cours d'eau. Il y a, en outre, un four de cémentation, le premier établi dans le midi, et dont les aciers ont obtenu une médaille dans le principe; un four à réverbère, destiné à fondre les cylindres du laminoir de la fenderie, et un atelier de fabrication de limes.

Le cours d'eau qui alimente les trompes des deux forges, et met en mouvement les roues des marteaux, est, comme je l'ai observé, peu considérable, sur-tout pendant l'été. Cependant on a su profiter, le mieux possible, des chutes élevées que l'on avait à sa disposition, et les usines ne chôment jamais entièrement. Dans l'été de 1822, remarquable par son extrême sécheresse, on fabriquait des massés plus petits qu'à l'ordinaire; mais on obtenait encore par jour au moins 280 quintaux métriques de fer en barres. Je vais entrer dans quelques détails sur la manière dont on tire parti du cours d'eau.

La forge haute est à 50 ou 60 pieds au-dessous du canal de dérivation qui amène l'eau. Cette grande chute est naturellement divisée en deux parties à-peu-près égales par une plate-forme, sur laquelle on a construit la fenderie. Pendant l'hiver, l'eau tombe d'abord sur les roues de la fenderie, et se rend ensuite dans un réservoir qui fournit de l'eau aux arbres de la trompe, dont la caisse est au niveau du sol de la forge, et à la roue du marteau. Pendant l'été, l'eau ne peut suffire à ces deux usages; mais comme alors la fenderie ne marche pas, on a imaginé de construire des trompes *supérieures*, dont la caisse est placée dans le réservoir même qui fournissait l'eau aux marteaux et aux trompes inférieures. De cette manière, l'eau, sortant du canal de dérivation, tombe immédiatement dans les arbres des trompes, et lorsqu'elle sort de la caisse, elle se trouve dans le réservoir supérieur au marteau : ainsi la totalité de l'eau est employée d'abord à alimenter les trompes, ensuite à faire aller le marteau.

On retrouve la même disposition à la forge basse ; mais, ici, le réservoir n'est point construit sur une plate-forme solide : il est en bois, et soutenu par des poutres et des piliers ronds de maçonnerie. La caisse des trompes, placée dans ce réservoir, est simplement un grand tonneau de bois cerclé de fer. Ces caisses, beaucoup moins coûteuses que les anciennes caisses trapézoïdales construites en pierre, ont été adoptées dans presque toutes les forges de la partie des Pyrénées que j'ai visitée. D'après ce que je viens d'exposer, on conçoit que le porte-vent des trompes doit être d'une grande longueur; mais il paraît que ce n'est pas un grand inconvénient, et qu'il se perd peu de vent lorsque ce porte-vent n'est pas coudé, et est droit dans toute son étendue.

Description des forges. Les deux forges sont absolument semblables; les parties de chacune d'elles sont : le foyer avec sa trompe; le gros marteau ou mail, dont le manche est placé sur la ligne qui divise le foyer en deux parties égales dans le sens de la largeur; un second marteau plus petit, situé dans un espace intermédiaire entre le foyer et le mail; la charbonnière, adossée au mur de l'usine opposé à celui sur lequel est appuyé le réservoir du marteau.

Le foyer est, comme dans toutes les forges catalanes, adossé au mur de derrière de la forge. Ce mur est terminé, d'un côté, à une petite distance du foyer : de sorte que l'ouvrier peut aller souvent et facilement visiter la tuyère, et donner convenablement le vent. Le fond du creuset est formé d'une pierre de grès réfractaire, et la face de la rustine, qui n'est point recouverte de fonte,

est construite avec une pierre de même nature. La face de la warme et celle du contrevent sont recouvertes de plaques de fonte; une plaque semblable, munie d'une taque de fer inclinée vers le feu, forme la face du chio. C'ést la disposition générale de toutes les forges catalanes.

A Gincla, les dimensions du foyer sont variables, principalement l'inclinaison du contrevent et la saillie de la tuyère dans l'intérieur du foyer. Quant à l'inclinaison de la tuyère, elle est constamment de 30°; elle est fixée avec soin, toutes les fois qu'on reconstruit le creuset, au moyen d'un demi-cercle muni d'un fil-à-plomb. Les dimensions les plus ordinaires sont :

Largeur.	$0^m,43$	au fond du creuset,
Longueur.. . . .	0, 59	au fond du creuset,
Profondeur. . . .	0, 81.	
Saillie de la tuyère.	0, 14 à 0,16,	
Hauteur de son orifice au-dessus du fond	0, 28,	
Inclinaison de la tuyère. . .	30° constamment.	

Cette tuyère est en cuivre, et sa direction rencontre le sol du creuset entre le centre et l'angle formé par le sol et la plaque du contrevent.

La déclinaison de la tuyère est nulle à Gincla ; elle est placée de manière à diviser le foyer en deux parties égales, et sa direction est parallèle aux faces du chio et de la rustine.

Ce foyer est intermédiaire, comme il résulte des dimensions, entre les plus grands et les plus petits foyers qui existent dans les Pyrénées.

On m'a dit, à Gincla, que le charbon de bois léger (celui de pin) exigeait un creuset plus

ouvert et une plus petite saillie de la tuyère que le charbon de bois dur (celui de hêtre).

Machine soufflante.

La trompe qui donne le vent a une caisse en bois. A Gincla, le porte-vent, qui est en cuir, a 4 ou 5 mètres de long lorsqu'on se sert de la trompe supérieure, placée dans le réservoir du marteau : il est armé, à son extrémité, d'une embouchure en cuivre, que l'on enfonce dans la tuyère. Le moyen de diminuer le vent consiste simplement à couder le tuyau de cuir qui l'amène au foyer. A cet effet, une ficelle est attachée, par une de ses extrémités, à l'embouchure du porte-vent, et fixée, par le second bout, à un clou enfoncé à l'extérieur du mur du foyer. Lorsque le tuyau de cuir est droit sur toute sa longueur, la ficelle est entièrement déroulée, et alors on a le maximum de vent. Pour le diminuer, on entortille le bout de la ficelle autour du clou, ce qui coude le tuyau. L'effet produit par là est tout-à-fait extraordinaire; il se perd du vent par la couture du tuyau à l'endroit des coudes, et il paraît qu'une grande partie remonte dans la caisse même de la trompe, et sort, soit en montant dans l'arbre, soit en se mêlant à l'eau qui sort de cette caisse. A toutes les époques de l'opération, la même quantité d'eau tombe toujours dans les arbres de la trompe. Il n'y a point de vanne qui puisse en diminuer la quantité. A la fin, lorsqu'on veut enlever le massé, on ôte de la tuyère le bout du porte-vent; l'eau, qui, pendant ce temps, tombe dans la trompe, n'est point perdue, puisqu'elle sert ensuite à faire tourner le marteau.

Gros marteau ou mail.

J'ai déjà dit que le manche de ce marteau était placé sur une ligne perpendiculaire au mur de

derrière de la forge, et qui divisait le foyer en deux parties égales. L'enclume est à fleur de terre, de sorte qu'on n'a pas à soulever le massé pour le placer dessus; le manche du mail est suspendu aux deux tiers de sa longueur, et les cames, au nombre de trois, placées sur l'arbre de la roue hydraulique, appuient sur l'extrémité la plus courte. Cette extrémité, pressée par la came, frappe une poutre placée au-dessus de terre parallèlement à l'arbre de la roue; cette poutre fait ressort, et augmente la force du choc du marteau. La roue hydraulique est une roue à aubes, placée dans un coursier incliné à 45° au moins. L'arbre de cette roue est garni de cercles en fer, près de l'endroit où sont les cames; celles-ci sont de bois. La vanne qui règle la quantité d'eau est simplement une planche chargée d'un poids qui glisse entre deux coulisses verticales; un levier à bascule, dont l'extrémité tombe dans la forge près du gros marteau, sert à la soulever. Ces sortes de vannes perdent beaucoup d'eau : aussi a-t-on l'intention de les remplacer. Le marteau est en fonte, et pèse à-peu-près 600 kilogrammes; la panne de ce marteau est mobile et en fer forgé; on la remplace par une nouvelle quand elle est usée; elle est fixée au marteau de la même manière que les étampes sont adaptées aux martinets avec lesquels on façonne le fer. L'assemblage est une espèce de queue d'aronde, et on l'assujettit en enfonçant des coins dans les vides qui se trouvent entre la panne et le marteau. On trouve à cette disposition l'avantage que le marteau dure beaucoup plus long-temps : les pannes sont forgées dans l'usine même.

Le second marteau, dont j'ai fait mention, est

Deuxième marteau.

placé entre le gros marteau et le foyer ; son manche est perpendiculaire à celui du premier : il est mu par une roue hydraulique placée au-dessous du centre du réservoir. Le manche tout entier du marteau est aussi sous ce réservoir ; de sorte que sa tête seule se trouve entrer dans l'usine. L'enclume n'est plus à fleur de terre, et ce marteau est assez semblable à ceux qui sont employés pour l'affinage de la fonte ; cependant c'est un ordon à bascule et non un ordon à drome, comme dans presque toutes les affineries de fonte. Je n'ai pas vu employer ce marteau pendant mon séjour à Gincla. On m'a dit qu'il servait à achever de forger les barres étirées sous le gros mail ; je pense qu'il doit servir à la fabrication des essieux, que l'on ébauche en grande quantité dans l'usine.

Les meubles de l'usine sont des ringards, des crochets, des cribles, des tenailles, et des balances pour peser le minerai et le fer en barres que l'on en obtient.

Le charbon est mesuré. La charbonnière renferme, outre le charbon, la provision de minerai, ainsi que de la vieille ferraille, et des carcas provenant de la fusion des fontes au fourneau de réverbère ; ces derniers produits sont traités, avec le minerai, dans le foyer ordinaire.

Description d'une opération. Produits qu'elle donne.

L'extrême sécheresse qui se faisait sentir à l'époque de mon passage à Gincla obligeait à ne faire que de très-petits massés, comparativement à ceux que l'on fabrique lorsque les eaux sont abondantes. Je vais décrire l'opération que j'ai suivie, et en faire connaître les résultats ; je donnerai ensuite les renseignemens qui m'ont été fournis sur la marche de l'usine, dans

le cas où les eaux ne manquent pas. Les ouvriers sont divisés en deux postes. Lorsqu'un massé est formé, qu'on est près de le retirer, le poste suivant arrive. Les ouvriers passent d'abord au crible le minerai qu'ils doivent traiter, et jettent de l'eau sur la greillade; ils préparent aussi, quand il n'y en a plus, de l'argile qui doit servir à boucher le trou du chio. Pendant ce temps, les ouvriers du premier poste retirent le massé, et s'occupent de le cingler : aussitôt qu'il est enlevé, on rejette dans le foyer les charbons embrasés provenant du travail précédent; on charge par-dessus du charbon frais, que l'on tasse assez fortement, sur-tout du côté du contrevent. Quand le foyer est rempli jusqu'au-dessus de la tuyère, on le divise en deux par une planche placée parallèlement à la face de la warme. On charge en minerai du côté du contrevent, et en charbon vers la tuyère : la charge se compose de minerai concassé et criblé; les morceaux sont de la grosseur d'un œuf ou d'une noix. On recouvre le minerai de charbon, par-dessus lequel on tasse de la poussière de charbon, de la greillade et des scories humides; tout cela forme une espèce de voûte. Dans le même temps, un autre ouvrier bouche le trou du chio avec de la terre grasse; le chargement fait, on donne le vent. Le tuyau est d'abord très-coudé, et le vent faible; on augmente peu-à-peu son intensité; au bout d'une heure, à-peu-près, le porte-vent est tout-à-fait droit, et le vent le plus fort possible. Pendant cette première époque de l'opération, un ouvrier travaille souvent dans le foyer avec un crochet; il tasse le charbon sous le minerai, et ramène ce minerai du côté du contrevent, pour

l'empêcher de tomber trop tôt au fond du creuset. Le crochet lui sert aussi à remettre de la terre grasse, quand cela est nécessaire, devant le trou du chio. Un autre ouvrier jette sur le feu, toutes les fois qu'il paraît de la flamme, de la greillade humide; son unique but, à ce qu'il m'a dit, est de rabattre la flamme pour concentrer la chaleur dans le foyer. Au bout d'une heure et demie, un ouvrier a percé le trou du chio pour faire écouler des scories, dues probablement, en grande partie, à la greillade ajoutée au commencement de l'opération. Immédiatement après le percement du chio, il est monté sur l'aire du fourneau, et a avancé le minerai du côté de la tuyère, en enfonçant un ringard entre la masse et le contrevent. Pendant toute la durée de l'opération, j'ai remarqué qu'avant de pousser le minerai vers la tuyère, on perçait toujours le trou du chio; de plus, ce percement se fait après des intervalles de temps inégaux, et il paraît qu'on le fait lorsqu'on s'aperçoit que la flamme manque d'activité. On avance le minerai vers la tuyère, plus ou moins, suivant que les scories ne sont pas assez fluides ou le sont trop; dans le premier cas, pour les faire sortir, on enfonce quelquefois dans le trou du chio une perche de bois mouillée qui détermine un *crachement*, si l'on peut employer cette expression. On ajoute aussi de la greillade, mais beaucoup moins souvent que pendant la première époque de l'opération; on entretient d'ailleurs le foyer plein de charbon. Quand tout le minerai a été réuni au fond du foyer, l'ouvrier a ajouté un panier de charbon, par-dessus lequel il a jeté de la vieille ferraille, qui a été bientôt réduite, et le fer s'est

réuni à celui provenant de la réduction des minerais. Alors il a commencé à rapprocher, avec un ringard, les grumeaux de fer disséminés, pour les agglutiner et former un massé unique. Quand le massé est formé, l'ouvrier qui le travaille appelle ses camarades pour l'enlever : on ôte d'abord le vent; un des ouvriers enfonce un ringard par le trou du chio, au-dessous du massé, et un autre, monté sur le foyer, l'aide à le soulever au moyen d'un autre ringard; un troisième ouvrier le saisit avec des tenailles, et, quand il est tiré du foyer, le traîne sur le sol de la forge. Là il est d'abord battu à coups de marteau par les ouvriers du poste; on le traine ensuite sur l'enclume, où on lui donne une forme à-peu-près carrée; après quoi, il est coupé en deux parties, dont l'une reste, sur le sol de la forge, couverte de charbons, pour s'opposer au refroidissement; l'autre partie est forgée sous le marteau, où on lui donne la forme d'un parallélipipède rectangle. Quand la pièce est trop refroidie, on la fait chauffer dans le foyer, où les ouvriers du poste suivant ont commencé une nouvelle opération : on la place du côté de la tuyère; on forge la deuxième moitié, et on étire aussi en barres pendant le commencement de l'opération qui suit.

Voici le résultat d'une opération que j'ai suivie, en faisant peser devant moi les matériaux consommés et les produits obtenus : 126k. de minerai et 42k. de vieille ferraille ont fourni 70k. de fer en barres. On a consommé 168k. de charbon de hêtre, c'est-à-dire un poids égal à celui du minerai et de la vieille ferraille réunis, et l'opération a duré 5 heures et demie. Le poste est composé de trois

ouvriers que l'on paie à la semaine. J'observerai que la durée de l'opération est beaucoup plus considérable qu'elle ne l'eût été, si l'on eût eu un peu plus d'eau. D'après les renseignemens du régisseur, une semblable opération ne doit durer, en général, que 4 heures; de manière qu'on peut fabriquer par semaine, en travaillant ainsi en petit, 36 massés, ce qui fournit 2520 kilogrammes en barres. Si nous considérons la ferraille ajoutée comme minerai ordinaire, on verra que, pour obtenir 100 de fer, on ne consomme que 240 de minerai et autant de charbon, ou bien que 100 de minerai, avec autant de charbon, fournissent de 41 à 42 de fer.

Lorsqu'on fait des massés plus considérables, le travail est le même, et l'on obtient les résultats suivans : 546k. de minerai et autant de charbon donnent un massé, qui fournit, après le cinglage, de 168 à 170k. de fer en barres. L'opération dure 6 heures au lieu de 4, et le poste se compose de quatre ouvriers au lieu de trois : chacun de ces quatre ouvriers reçoit 10 fr. par massé; ce qui fait quarante francs pour salaire des ouvriers.

Remarquons qu'ici l'on obtient seulement 30 à 31 de fer pour 100 de minerai et autant de charbon. L'opération est donc, sous ce rapport, moins avantageuse que celle en petit; il paraît, en outre, qu'il y a économie dans le salaire des forgeurs. Ces raisons font concevoir qu'il peut y avoir avantage à travailler en petit, et le régisseur de Gincla m'a dit que s'il ne trouvait pas des obstacles trop grands de la part des ouvriers, qui aiment mieux être payés par massé qu'à la semaine, son intention était de ne fabriquer que

de petits massés, pendant toute l'année, dans une des forges de Gincla; il est vrai qu'alors on ne fabriquerait pas autant de fer. La différence, par semaine, serait de $168 \times 24 - 70 \times 36 = 1512^{k.}$

Analyses du minerai et des scories.

J'ai reçu de l'usine de Gincla du minerai représentant la masse que l'on traite dans le foyer, ce sont des morceaux pris sur le tas. J'ai fait l'analyse sur la poussière provenant du mélange de plusieurs de ces morceaux, qui sont, en grande partie, de la mine douce, et le reste des hématites : la gangue est principalement calcaire ; elle est assez abondante dans quelques morceaux. J'ai également fait l'analyse d'un mélange de morceaux de scories pris au hasard sur le tas, afin que cela représentât la masse des scories obtenues. Voici les résultats.

MINERAI.	SCORIES.
Matières volatiles..0,106	Silice............0,264
Silice............0,032	Oxide de manganèse..........0,116
Oxide de manganèse..........0,018	Chaux...........0,162
Chaux...........0,040	Magnésie.........0,018
Traces de magnésie et alun........	Traces d'alumine..
Peroxide de fer....0,796	Protoxide de fer...0,424
TOTAUX....0,992	0,984

On voit, d'après l'analyse du minerai, qu'il

ne renferme que 0,09 de matières fixes et étrangères au peroxide de fer.

Les quantités de fer métallique, déduites par le calcul des analyses, et déterminées par des essais directs, par voie sèche, sont de 0,552 dans le minerai, et de 0,328 dans la scorie.

Réflexions générales.

Si nous faisons abstraction, pour un instant, du déchet qui a lieu dans le cinglage du massé, nous voyons que 100 parties de minerai se changent, dans l'opération, en 10 de matières volatiles, 30 de fer, et par conséquent 60 de scories, Or, la quantité de fer métallique contenue dans un poids de scories représenté par 60, déduite de l'analyse, est de 19, qui, réunis aux 30 parties de fer en barres, forment un total de 49. La différence de 49 à 55, qui est de 6, provient du déchet qui a lieu dans le cinglage de la loupe; en outre, je ferai observer que 30 est le minimum de fer obtenu, et qu'on obtient souvent juqu'à 33 pour 100. Si on fait le même calcul, en substituant le nombre 33 à 30, au lieu d'une différence de 6, on ne trouve plus que 4, ce qui n'est pas très-considérable,

Le produit en fer brut des deux forges de Gingla est de 336000 à 378000 kilogrammes par année. Ce produit, en supposant que le travail soit uniforme pendant toute l'année, et qu'on obtienne par semaine, dans chaque forge, 4032$^{k.}$ de fer, serait, au bout de l'année, de 487072$^{k.}$ On voit que la diminution provenant du chômage pendant les jours de fête, autres que le dimanche, des demi-chômages pendant les mois de l'été, des réparations à faire, etc., varie de 51072 à 9072 kilogrammes. Cependant les forges de Gincla sont aussi bien administrées que possible,

et l'on a toujours des provisions plus que suffisantes de charbon et de minerai.

Il y a huit ouvriers employés à chaque forge, ce qui fait seize ouvriers en tout; il y a, en outre, deux surveillans *garde-forges*.

Le fer que l'on fabrique à Gincla est nerveux, se forge bien à toute température; mais il ne peut pas se laminer aussi également que les fers du Berry et autres, qui proviennent de l'affinage des fontes. C'est un inconvénient commun à tous les fers obtenus dans les petits foyers, et qui est dû à la présence de grains aciéreux: aussi ces fers ne sont-ils point bons pour les ouvrages délicats, tels que les ferrures des roues de voitures, etc.; mais ils sont préférés aux autres pour les instrumens d'agriculture, les essieux de charrettes, etc. Le prix du fer brut était, à mon passage, de 47 fr. 62 c. le quintal métrique sur l'usine même.

Mines de Fillols et Taurynia.

Les mines de Fillols et Taurynia sont situées à 8 kilomètres de Prades (Pyrénées-Orientales). M. Rivals, propriétaire de l'usine de Gincla, est le concessionnaire de ces mines, qui fournissent du minerai non-seulement à ses forges, mais encore à toutes celles du département de l'Aude, qui avoisinent l'arrondissement de Prades.

Gisement du minerai.

Le gisement des mines de Fillols et Taurynia est absolument semblable à celui de toutes les autres mines du département des Pyrénées-Orientales, et cette uniformité de gisement est digne d'attention, parce qu'on en retrouve, à ce qu'il paraît, de semblables dans d'autres points très-éloignés, notamment dans le département de l'Isère.

L'extrémité orientale de la chaîne des Pyré-

nées, dont j'ai parcouru seulement le revers septentrional, présente deux terrains principaux : le terrain de gneiss, qui forme le mont Canigou et les autres sommités les plus élevées, dont la hauteur est quelquefois considérable ; un terrain calcaire, dans lequel je n'ai trouvé aucun débris d'êtres organisés, et qui est appuyé sur le gneiss. Ce calcaire est exploité, comme marbre, aux environs de Villefranche, et fournit un marbre blanc avec des veines rouges, dont la teinte n'est pas fort belle : c'est probablement du calcaire de transition. La ligne de séparation du terrain calcaire et du terrain de gneiss est à-peu-près horizontale ; c'est-à-dire qu'elle se continue toujours au même niveau, lequel est peu élevé. C'est près de cette ligne de séparation, parallèle à la direction de la chaîne, que se trouvent les mines de fer exploitées dans cette partie du département, et qui sont, en partant de Prades et allant vers l'ouest, celles de Taurynia, Fillols, Aytua et Escaro. Je n'ai pas été au-delà de ce dernier point. Ces mines sont peu distantes les unes des autres ; toutes paraissent être des amas renfermant principalement du fer spathique décomposé (*mine douce*), parmi lequel on trouve disséminés des hématites brunes et des rognons de galène : ceux-ci ne sont pas abondans, et sont laissés aux ouvriers mineurs, qui les vendent à leur profit, comme alquifoux.

Les mines de Taurynia, qui sont les plus rapprochées de Prades, sont abandonnées depuis quelque temps, à cause des éboulemens qui ont eu lieu par suite du peu de soin avec lequel elles ont été exploitées. Toutes les ouvertures qu'on a faites dans la masse de minerai sont barrées

par des blocs énormes qui se sont détachés de la masse supérieure, et ont obstrué le passage.

La colline qui contient ces ouvertures est calcaire, à une très-petite distance du gneiss. La mine de Fillols est tout près de celle de Taurynia. Elle se trouve à un niveau un peu plus élevé et à l'ouest de celle-ci; c'est une masse énorme de minerai de fer (mine douce), avec des rognons d'hématites en assez grande quantité. Cette masse se trouve ici précisément au point même où le calcaire est adossé au gneiss; la masse de fer n'est recouverte que par une mince couche de calcaire de 2 ou 3 pieds d'épaisseur au plus; par-dessus sont des sables et des blocs de gneiss venus de la partie supérieure de la montagne. La masse est traversée, en divers sens, par de petits filets de calcaire spathique blanc; on y trouve aussi quelquefois des nids remplis de cristaux calcaires. Les petites veines cristallines dont j'ai parlé ont, en général, 5 ou 6 lignes de largeur; elles se continuent dans toute la masse. Tout, dans la masse, excepté ces filets et ces nids de calcaire spathique, est du minerai de fer.

Exploitation.

On entre dans la mine par une ouverture placée sur le penchant de la colline. Une galerie à-peu-près horizontale conduit bientôt à une grande salle ou place, dont le plafond est soutenu par un énorme pilier de minerai : ce pilier est rond, et peut avoir 1 mètre ou 1 mètre et demi de diamètre; le jour entre par une ouverture faite à la partie supérieure : c'est dans cette salle que les ouvriers, en se retirant, déposent leurs lampes. On est descendu à un niveau inférieur,

en creusant un escalier ou galerie inclinée autour du pilier, que l'on se garde bien d'attaquer, et de l'étage inférieur où l'on se trouve, on pousse maintenant des galeries, entre lesquelles on laisse des piliers de minerai. Dans la mine, on ne voit nulle part les parois dans lesquelles la masse est encaïssée : seulement, dans certains points, on trouve de grosses masses d'argile, qui paraissent avoir rempli des fentes. A la rencontre de masses semblables, on se tourne d'un autre côté.

La mine de Fillols est certainement dans le calcaire : elle est recouverte par ce terrain ; elle est traversée par de petites veines de chaux carbonatée cristalline ; de plus, elle a la plus grande analogie avec la mine de Taurynia, qui est bien évidemment dans le terrain calcaire.

Je fais l'observation précédente, parce qu'en visitant la mine d'Aytua, située à l'ouest de celle de Fillols, il m'a paru fort difficile de décider si elle appartenait au terrain calcaire ou au terrain inférieur de gneiss. A Aytua, on ne voit au-dessus de la mine qu'une couche de 2 ou 3 mètres de sable provenant de la destruction du terrain de gneiss qui forme les sommités voisines. L'analogie porte à croire que toutes ces mines sont dans le calcaire.

Dans les Pyrénées-Orientales, non-seulement toutes les mines exploitées sur le revers septentrional se trouvent près de la ligne de séparation du calcaire et du gneiss ; mais je puis dire que, depuis Taurynia jusqu'à Escaro, on voit, sur toute l'étendue de cette ligne, des minerais de fer qui ne sont exploitables que sur les points que j'ai désignés.

A Fillols, l'exploitation se fait au pic. On ne fait sauter à la poudre que quelques parties plus dures que les autres : ce sont sur-tout celles que traversent les veines de chaux carbonatée spathique. Rien n'est boisé, la masse étant très-solide. Le nombre des ouvriers employés à la mine de Fillols est très-variable : ils reçoivent pour salaire de 1 fr. 20 c. à 1 fr. 50 c. par jour. Le transport du minerai se fait à dos de mulets, d'abord jusqu'à Molitg, où il y a un entrepôt, qui fournit aux maîtres de forges du département de l'Aude ; de Molitg, on porte à Gincla celui qui est nécessaire à l'usine.

On ne traite maintenant à Gincla que du minerai de Fillols. Il y a quelques années qu'on commença d'exploiter la mine appelée de *Balaitg*, située dans une forêt royale, et que M. Rivals prétendait être dans l'enceinte de sa concession. Cette mine est à un niveau beaucoup plus élevé que les autres, et le minerai est aussi tout-à-fait différent ; c'est du fer oxidulé qui gît dans le gneiss. Je ne connais pas la nature du gisement, parce que l'on a comblé toutes les ouvertures commencées, à la suite d'un procès intenté par l'Administration forestière, qui prétend que Balaitg n'est pas compris dans les limites de la concession. J'ai vu sur les haldes laissées auprès des trous comblés des cristaux octaèdres de fer oxidulé, et aussi des cristaux dodécaèdres ; tous les échantillons étaient enveloppés d'une couche de fer oxidé rouge.

Mine de Balaitg.

§ II. — *Usine de Sahorre.*

La forge de Sahorre a été construite, il y a peu d'années, par M. Bernadac, qui a voulu tirer parti des bois qu'il avait achetés dans les environs de ce village. Elle est placée à 1 myr. et 2 kil. de Prades, sur un petit cours d'eau suffisant cependant pour que l'usine ne soit obligée de chômer que dans les temps extraordinairement secs. Sa situation est assez avantageuse sous le rapport de la proximité de la mine : elle n'est qu'à 8 kilom. de distance, et l'abondance du minerai promet qu'elle suffira long-temps aux besoins du propriétaire; de plus, il n'y a qu'une petite distance de Sahorre à Villefranche, petite ville située sur la grande route de Perpignan à Mont-Louis. On pourrait tracer, à peu de frais, un chemin pour les voitures; ce chemin suivrait les bords du cours d'eau de la forge, et économiserait beaucoup les frais de transports, qui se font tous, à dos de mulets jusqu'à Villefranche.

L'usine est composée d'un seul foyer à la catalane, de même nature que celui de Gincla. Le bâtiment de la forge renferme aussi, outre le gros mail, un marteau plus petit; un autre bâtiment renferme un martinet, destiné au corroyage de l'acier naturel que l'on fabrique dans le foyer à la catalane. On est occupé maintenant à établir une fabrique de limes; M. Bernadac a déjà fait venir chez lui l'ouvrier qui doit les tailler.

Le vent est fourni au foyer par une trompe à caisse circulaire. L'eau du réservoir de la forge se divise en deux parties : l'une va à la trompe, et

l'autre au gros mail. Ordinairement il y a assez d'eau pour qu'on ne soit point obligé de chômer; cependant, à mon passage à Sahorre, dans l'été de 1822, on avait cessé tout travail. Pour prévenir de semblables inconvéniens, M. Bernadac a le projet d'adopter la même disposition qu'à Gincla, c'est-à-dire d'exhausser la caisse de la trompe, qu'il placerait dans le réservoir même du mail; mais ici, l'on sera obligé de faire un canal beaucoup plus étendu que celui de Gincla, à cause de la moindre hauteur de chute des eaux.

M. Bernadac, qui a travaillé long-temps dans les forges des Pyrénées et sur-tout dans celles du département de l'Ariége, a porté toute son attention sur les causes qui influent sur la production accidentelle du fer fort ou aciéreux dans les petits foyers. Il a essayé d'obtenir des massés entièrement composés d'acier plus ou moins fort, de fabriquer avec du minerai de l'acier naturel, comme on en fabrique dans plusieurs pays avec de la fonte. Ses essais ont complétement réussi, et l'acier qu'il fabrique a été jugé d'une excellente qualité par les couteliers de Carcassonne et de Perpignan. Il en a envoyé des échantillons à la manufacture d'armes de Tulle. Toutes les épreuves ont été favorables, et ont prouvé la bonne qualité de l'acier et le soin avec lequel on trie, à Sahorre, les diverses espèces d'acier fournies par le travail à la catalane.

On fabrique à Sahorre, à volonté, des massés de fer ou des massés d'acier; mais les dimensions du creuset, qui est construit d'ailleurs d'une manière analogue à celui de Gincla, changent avec les produits que l'on veut obtenir. Je vais transcrire ici le tableau des dimensions du creuset

pour fer et pour acier. Ces dimensions ont été mesurées par M. l'ingénieur en chef Brochin, qui a bien voulu me les communiquer. M. Bernadac m'a confirmé leur exactitude, que j'ai vue, de plus, constatée par les procès-verbaux rédigés par des commissaires nommés par la Société d'agriculture de Perpignan, sur la demande de M. Bernadac : la concordance de ces mesures prouve que le propriétaire de l'usine les regarde comme nécessaires.

Dimensions du creuset.

	Pour fer.	Pour acier.
	m.	m.
Largeur au fond du creuset	0,54	0,48
Longueur, *idem*.	0,60	0,54
Largeur au niveau de l'aire.	0,70	0,60
Profondeur du creuset.	0,87	0,84
Hauteur de l'arête qui joint la face du chio à la taque de fer inclinée vers le feu.	0,67	0,65
Hauteur de la tuyère à son entrée dans le creuset	0,49	0,46
Hauteur du trou du chio.	0,08	0,06
Saillie de la tuyère.	0,16	0,16
Inclinaison de la tuyère. . .	de 38 à 39°. .	45° au moins.

En jetant les yeux sur le tableau précédent, on voit que le creuset est en général plus petit pour l'acier que pour le fer; cependant la profondeur a peu varié : la tuyère est également saillante dans l'un et l'autre cas; mais elle est beaucoup plus inclinée pour l'acier que pour le fer. Je ferai remarquer que M. Bernadac regarde cette inclinaison de la tuyère comme la chose la plus essentielle à sa fabrication. Elle est fixée avec soin au moyen d'un fil-à-plomb, et il recommande de lui donner plutôt plus d'incli-

naison que moins. Il résulte de cette disposition, qu'il se perd moins de vent, que la combustion doit être plus active et la température plus élevée vers le fond du creuset. Ces effets auront lieu à plus forte raison, si l'on brûle plus de charbon, et si l'on met moins de minerai pour faire l'acier que pour obtenir le fer : nous verrons que c'est précisément ce qui a lieu.

Pour la fabrication de l'acier, l'opération est conduite à-peu-près de même que pour le fer. Il n'y a que de légères différences, qui paraissent cependant être très-nécessaires : 1°. on charge moins en minerai et plus en charbon ; 2°. l'on ajoute peu de greillade ; 3°. l'on coule les scories presque continuellement, de manière que les grumeaux de fer réduit se trouvent immédiatement en contact avec les charbons ; 4°. l'opération dure plus longtemps, et, vers la fin, l'ouvrier, en cherchant à réunir les grumeaux de fer réduit, presse avec son ringard les charbons contre ces morceaux de fer. Le cinglage se fait d'ailleurs comme pour le fer, si ce n'est que les barres étirées sont jetées immédiatement après dans l'eau froide pour les tremper. Voici le détail d'une opération faite sous les yeux des commissaires de la Société d'agriculture de Perpignan.

On a jeté dans le fond du creuset le charbon enflammé provenant du travail précédent ; l'on a ensuite chargé de charbon de pin jusqu'à la hauteur de l'orifice de la tuyère. Par-dessus ces morceaux de charbon, on a formé une couche de poussière de charbon humide, par-dessus laquelle on a chargé du charbon vers la warme et vers le contrevent, le minerai en morceaux, mêlé

avec des débris de charbon. La quantité du minerai chargé était de 237 kilogrammes; on a recouvert ce minerai de charbon humide, et donné le vent : l'opération a été conduite comme pour faire du fer. Au bout d'une heure et quart, on a fait écouler les scories pour la première fois; ces scories sont probablement dues à l'addition de la greillade. Depuis ce temps, on a percé, à des intervalles très-rapprochés, le trou du chio, et on n'a presque plus ajouté de greillade. L'opération a duré 6 heures et demie, et a fourni 151k. d'acier brut étiré en barres : on a ajouté pendant l'opération 121k. de greillade, et brûlé 15 mesures de charbon de pin, pesant, chacune, 35k. D'après cela, on voit que 358k. de minerai ont fourni 150k. d'acier brut, en brûlant 525k. de charbon. Le poids du charbon consumé est donc de 147 pour 100 de minerai, et de 348 pour 100 d'acier brut obtenu, et le minerai a rendu 42 pour 100 d'acier brut.

Dans l'opération que je viens de décrire, on n'a traité à-la-fois que 358k. de minerai; on en traite, à ce qu'il paraît ordinairement, 440 à-la-fois ; mais le minerai rend moins lorsqu'on en fond plus à-la-fois. Je ne sais si ce résultat est général : il est certain qu'on l'a observé à Gincla et à Sahorre.

Quoi qu'il en soit, on voit que l'opération dure plus long-temps pour l'acier que pour le fer : car une opération pour le fer, dans laquelle on traite 546k. de minerai à-la-fois, ne dure que 6 heures; elle durerait moins si l'on ne traitait que 358k. La réduction du minerai exige toujours le même laps de temps; mais il faut, pour obtenir de l'acier,

qu'il y ait cémentation du fer résultant de la réduction du minerai : ce qui fait voir que la durée de l'opération doit, en effet, être plus considérable. Toutes les circonstances de l'opération sont éminemment propres à favoriser cette cémentation : d'abord, il me semble évident que la température doit être plus élevée au fond du foyer, par suite de l'inclinaison de la tuyère et de la moindre quantité de minerai relativement au charbon que l'on brûle. Cette élévation de température doit favoriser la cémentation; il en est de même de l'écoulement continuel des scories, qui a pour but de laisser les grumeaux découverts en contact immédiat avec les charbons, qui sont pressés contre eux, et par le ringard de l'ouvrier, et par la force même du vent, qui plonge dans le fond du foyer. On n'ajoute point de greillade, parce que l'oxide qu'elle contient tendrait à brûler le carbone déjà combiné avec le fer, et produirait en outre une plus grande quantité de scories.

On a indiqué, dans plusieurs ouvrages de métallurgie, les procédés que l'on devait suivre pour retirer de l'acier des minerais : ces procédés sont opposés sur tous les points à celui de M. Bernadac, si ce n'est relativement à la greillade. Partout on conseille d'en ajouter très-peu quand on veut faire de l'acier. J'observerai que l'addition de la greillade paraît n'avoir d'inconvéniens qu'à la fin de l'opération : au commencement, elle ne nuit pas, et l'on ne concevrait pas, en effet, comment elle pourrait produire un effet quelconque. Quant à la tuyère, on dit par-tout qu'elle doit être presque horizontale : il paraît que si elle

était ainsi placée, la température ne serait point assez élevée pour qu'il y eût cémentation du fer. On indique aussi de laisser sur le minerai réduit une couche épaisse de scories ; M. Bernadac fait précisément le contraire, et l'on voit, en effet, qu'une couche épaisse de scories, tout en empêchant le vent de frapper le fer déjà cémenté, empêcherait aussi le fer d'être en contact avec les charbons, et s'opposerait, par conséquent, à la cémentation, qui ne peut se faire complétement par le moyen de la brasque qui recouvre la pierre du fond du creuset : il paraît que le fer aciéré est assez garanti de l'action du vent par les charbons que l'on tasse autour de lui. M. Bernadac me citait, à Sahorre, une maxime patoise des ouvriers des forges du département de l'Ariége, qui signifie : *Que quand on veut faire du fer fort, il ne fait point gras au fond du creuset.*

Tous les minerais que l'on traite à la catalane sont-ils également propres à fournir de l'acier naturel ? D'après M. Bernadac, tous les minerais qui donnent accidentellement du fer fort ou aciéreux peuvent donner des massés uniquement composés d'acier. M. de Lapeyrouse, dans son livre sur les forges catalanes, dit que les minerais manganésifères donnent plus de fer fort que les autres. Si cela est vrai, la cause en est probablement que l'oxide de manganèse favorise la fusion des scories, ce qui est important pour la fabrication de l'acier, où le métal, comme nous l'avons dit, doit être constamment en contact avec le charbon. Comme l'usine de Sahorre était en chômage lorsque j'y ai passé, je n'ai pu rapporter une collection de produits, et je n'ai

pris que des échantillons de minerais. Plusieurs morceaux de divers échantillons pilés ensemble ont donné, à l'analyse :

Matières volatiles...........	0,100
Silice.....................	0,012
Oxide de manganèse	0,022
Chaux....................	0,014
Magnésie	0,010
Peroxide de fer............	0,830
	0,988

Les échantillons pilés ne doivent pas représenter la masse du minerai traité, parce qu'aucun d'eux n'avait de gangue visible. L'analyse ne fait voir, d'ailleurs, aucun produit bien remarquable par la quantité ; l'oxide de manganèse n'y est pas beaucoup plus abondant qu'à Gincla.

Les barres d'acier trempées après le cinclage sont à très-gros grains, et paraissent peu homogènes ; elles doivent être triées et affinées.

L'affinage, ou corroyage, se fait dans un bâtiment qui renferme un martinet et un petit foyer à hauteur d'appui, auquel le vent est fourni par une trompe. Voici les dimensions de ce foyer :

	m.
Longueur..........	0,38
Largeur	0,32
Hauteur du contrevent...	0,38
Hauteur du devant	0,24

La tuyère est horizontale, et placée au milieu du foyer ; il y a une ouverture pour l'écoulement des scories. L'ouvrier corroyeur remplit le foyer de houille, forme au-dessus une voûte de houille

humide, en laissant sur le derrière un trou pour le passage de la fumée : il donne le vent.

Avant de former des trousses, l'ouvrier divise d'abord les barres d'acier en plusieurs tas, qu'il range l'un à la suite de l'autre, en commençant par l'acier le plus fort. Pour faire ce triage, il forge quelques languettes d'acier brut, les trempe, les casse, examine le grain, et reconnaît ainsi la nature de l'acier qu'il a forgé. Après plusieurs essais de ce genre, qui lui donnent le moyen de mettre à leur place les barres dont il a essayé des échantillons, il classe les autres en les comparant aux premières.

Cela fait, il forme des trousses, composées de plusieurs petits morceauxde barres cassées, qu'il réunit entre deux barres plus longues ; il choisit l'acier convenablement, et d'après l'espèce d'acier forgé qu'il veut obtenir : ainsi, pour des limes, la trousse est composée d'acier fort; pour l'étoffe de pout ou de coutellerie, il prend des aciers de force moyenne, et l'une des barres extérieures qui maintiennent les petits morceaux, est une barre de fer; pour les ressorts de voiture, les deux barres extérieures sont en fer; pour des aciers qui ne doivent avoir qu'une force moyenne, il mêle ensemble des aciers forts et des aciers mous. Le corroyage se fait toujours de même. La trousse est saisie avec des tenailles, et portée sous la voûte de houille incandescente. Elle est placée au-dessus de la tuyère horizontale, de telle sorte que le vent ne peut la frapper. Quand elle est fort échauffée, l'ouvrier ajoute, avec une petite pelle, un mélange de sable et de battitures d'acier, qui fond

immédiatement, et s'oppose à l'oxidation des barres. La trousse, chauffée au rouge blanc, est portée sous le martinet, et soudée au bout de trois chauffes. Quand elle est entièrement soudée, l'ouvrier la coupe par le milieu avec un tranchet, et soude de nouveau les deux parties l'une sur l'autre. Un ouvrier, aidé d'un manœuvre, affine par jour 80k. d'acier, et consomme 160k. de houille; la houille, rendue à Sahorre, revient à 8 fr. 33 c. le quintal métrique. Le salaire du corroyeur est, je crois, de 6 fr. par jour, et le déchet de l'acier est de 17 pour 100.

Les opérations du triage et de l'affinage sont faites à Sahorre, avec un soin extrême, par un ouvrier allemand, nommé Hilger. En visitant la manufacture d'armes de Tulle, j'ai vu le résultat d'essais faits sur des échantillons de la fabrique de Sahorre, envoyés comme propres, les uns à faire des ressorts, les autres à faire des baguettes, des baïonnettes, etc. Tous les essais avaient donné les meilleurs résultats, ce qui est une preuve du soin avec lequel le triage est fait, puisque le même acier ne saurait servir à faire des baïonnettes et des ressorts de platine. La manufacture de Tulle s'approvisionne à la Bérardière; l'acier, rendu à Tulle, revient à 190 fr. le quintal métrique. M. Bernadac offre de le fournir à un prix beaucoup moindre.

Mine d'Aytua.

L'usine de Sahorre tire son minerai de la mine d'Aytua, située à 4 kilomètres du village. Le gisement de cette mine est absolument semblable à celui que j'ai déjà décrit en parlant de celles de Fillols et Taurinya. La masse est du fer spathique décomposé (mine douce), mêlé d'une

petite quantité d'hématites ; cette masse est recouverte de sables venus de la partie supérieure de la montagne ; l'épaisseur du sol, au-dessus de la mine, est peut-être de 2 mètres ou 3 au plus.

On a d'abord poussé une galerie ouverte sur le flanc de la colline, la masse a été trouvée fendillée, il a fallu boiser ; et en poussant la galerie, on est arrivé à un vide considérable, dû à d'anciennes exploitations. On a trouvé dans cet espace une ancienne médaille romaine à l'effigie de Lucius Verus. Peu après, il y a eu un éboulement considérable : on a poussé alors une seconde galerie d'un autre côté de la colline ; mais par-tout il faut boiser, parce que la masse est très-fendillée. Le projet de M. Bernadac est d'exploiter à ciel ouvert. Il ouvrira une tranchée, enlèvera tout le minerai jusqu'au sol de l'amas ou couche ; il portera les déblais tirés de la partie supérieure du terrain dans la fosse voisine. La masse paraît considérable, et suffira sans doute pour alimenter son usine pendant un grand nombre d'années.

Le mémoire précédent n'ayant pour objet que le traitement des minerais de fer à la catalane pour en retirer du fer ou de l'acier, on a jugé convenable de réunir dans cette note quelques détails sur les autres parties de l'établissement de Gincla. Le lecteur pourra comparer l'affinage de l'acier de cémentation à celui que l'on fait subir, à Saborre, à l'acier naturel.

Fenderie. Je n'ai rien à dire de particulier sur la fenderie ; elle se compose d'une chaufferie où l'on brûle du bois, d'un équipage de laminoirs, et d'un équipage de trousses à fendre le fer. Les deux équipages sont mus par deux grandes roues hydrauliques d'un diamètre égal.

Four de cémentation.

Le fourneau de cémentation est à trois caisses; il est construit en grès très-réfractaire; on y brûle du bois de fagotage. Les barres de fer stratifiées dans les caisses avec de la poussière de charbon ont 5 à 6 lignes d'épaisseur sur 27 à 30 de largeur. Le fer gagne, à la cémentation, une augmentation de poids de 2 et demi pour 100. Presque tout l'acier fabriqué est converti en limes sur l'établissement même. Il est d'abord affiné.

Affinage ou corroyage de l'acier.

Les barres d'acier-poule sont portées dans un bâtiment qui renferme deux martinets et deux foyers à hauteur d'appui, auxquels le vent est fourni par une même trompe. Un des martinets sert pour l'acier, l'autre pour le fer. L'affinage de l'acier se fait à la houille : l'ouvrier remplit d'abord le foyer de houille; il forme au-dessus une voûte de houille humide, et met le feu. La fumée sort par le derrière de la voûte, où il a laissé une ouverture. Lorsque l'intérieur de cette voûte est rouge blanc, il chauffe la trousse d'acier, en la plaçant au-dessus de la tuyère, pour qu'elle ne soit pas frappée par le vent. Les trousses que j'ai vu affiner étaient composées de sept barres d'acier, dont chacune était la moitié d'une des barres retirées du four de cémentation : celles-ci sont cassées dès qu'elles sont portées à l'affinage. Le corroyeur saisit la trousse avec des tenailles, et lorsqu'elle est échauffée, pour prévenir l'oxidation et dissoudre l'oxide de fer déjà formé, il met dessus du sable de rivière, qui fond immédiatement, et recouvre la surface des barres de silicate de fer fondu. La trousse, chauffée au blanc suant, est portée sous le martinet, qui frappe d'abord de petits coups; sa vitesse augmente de manière à devenir bientôt très-considérable. Il soude d'abord la trousse par le bout; lorsque la moitié est soudée, il passe à l'autre moitié, la soude pareillement, et donne ensuite à sa barre les dimensions convenables. Jamais on ne coupe la barre en deux pour souder une deuxième fois les deux parties l'une avec l'autre.

Les martinets devant avoir une grande vitesse, les cames sont fixées, au nombre de dix, sur un anneau de bois correspondant au manche du marteau, qui frappe dix coups pour chaque tour de la roue : celle-ci est une roue à aubes, d'un petit diamètre, dans un coursier. L'acier éprouve, à l'affinage, un déchet de 12 à 14 pour 100, et il faut 100 kil. de houille pour affiner 100 kil. d'acier. Le prix de la

houille rendue à Gincla est de 7 fr. 15 c. le quintal métrique. Il y a un martineur et un manœuvre attachés au travail de l'acier.

Je n'ai rien de particulier à dire sur l'opération de la taille des limes, que j'ai vue à Gincla; je passe de suite à la manière de les tremper.

Trempe des limes.

On suit la méthode connue sous le nom de trempe en paquets. Les limes sont stratifiées dans des caisses de tôle, avec un cément composé de suie, de sel marin et de sel d'Epsom (sulfate de magnésie), dont on a fait une pâte avec un peu d'eau. Quand les caisses, que l'on place dans un petit fourneau de réverbère, sont arrivées à la température du rouge cerise tirant sur le blanc, on les retire, on les ouvre, et on jette les limes dans une eau préparée. Voici la composition fort compliquée de cette eau, que l'on a soin de préparer d'avance et de tenir dans des tonnes bien fermées, parce qu'on prétend que plus elle est vieille, plus ses qualités sont précieuses. Sur 24 quintaux d'eau, on met un quintal de sel marin, une livre de sel d'Epsom, une livre de nitre et 2 livres d'acide arsénieux. Je ne conçois pas le rôle que jouent ces différentes substances, et il me semble que dès qu'on trempe en paquets, les limes n'ont pas besoin d'être décapées, et que dès-lors on pourrait tremper dans de l'eau pure.

ANALYSES

DE

SUBSTANCES MINÉRALES.

(EXTRAITS DE JOURNAUX.)

1. *Analyse des houilles d'Angleterre* (Dict. de Ch; par M. A. Ure, t. III, p. 370.)

Le tableau ci-dessous présente les résultats des expériences de M. Mushet sur la carbonisation et l'incinération des houilles.

	Matières volatiles.	Charbon.	Cendres.	Pesanteur spécifique de la houille.	Pesanteur spécifique du coak.
Houille du fourneau de Welsh.	0,0850	0,8807	0,0343	1,337	1,00
Id. *id.* Alfreton......	0,4550	0,5247	0,0204	1,235	0,98
Id. *id.* Butterly......	0,4280	0,5288	0,0429	1,264	1,10
Id. en pierres Welsh.........	0,0800	0,8970	0,0230	1,368	1,39
Id. schisteuse Welsh.........	0,0910	0,8417	0,0673	1,409	
Id. Cannel du Derbyshire......	0,4700	0,4836	0,0464	1,278	
Id. de Kilkenny.............	0,0425	0,9288	0,0287	1,602	1,657
Id. schisteuse trouvée sous du basalte.................	0,1666	0,6974	0,1350		
Id. schisteuse de Kilkenny....	0,1300	0,8048	0,0600	1,445	
Id. Cannel d'Écosse..........	0,5657	0,3943	0,0400		
Id. Boulavoonenn.... } Irlande.	0,1380	0,8297	0,0324	1,436	1,596
Id. Corgée.......... } Irlande.	0,0910	0,8750	0,0341	1,403	1,656
Id. Comté de la Reine. } Irlande.	0,1030	0,0657	0,0314	1,403	1,622
Bois pierreux de la Chaussée des Géans..................	0,3337	0,5470	0,1193	1,500	

Kirwan, en suivant son procédé d'analyse, qui consiste à projeter peu-à-peu de la houille réduite en poudre dans du nitre fondu à une température peu élevée, jusqu'à ce que toute déflagration ait cessé, et à déterminer la quantité de charbon d'après les quantités relatives de houille et de nitre consommées, en supposant que les matières bitumineuses se volatilisent complétement, avant que le nitre commence à réagir sur la houille, et que 13 de charbon pur décomposent 100 de nitre, a obtenu les résultats suivans:

	Charbon.	Bitume.	Cendres.	Pesanteur spécifique de la houille.
Houille de Kilkenny.	0,973	0,	0,037	1,53
Id. comp. Cannel.. .	0,752	0,267 malthe.	0,031	1,23
Id. Swansey.	0,736	0,232 mélang.	0,033	1,36
Id. Leittrin.	0,714	0,234 *id.*	0,052	1,35
Id. Wigan..	0,617	0,367 *id.*	0,016	1,27
Id. Newcastle. . . .	0,580	0,400 *id.*		1,27
Id. Whitehaven. . .	0,570	0,413	0,017	1,26
Id. Cannel schisteuse.	0,476	0,235 malthe.	0,200	1,43
Asphate	0,310	0,680 bitume.		1,12
Malthe.	0,080			2,07

Selon le docteur Henry, la houille Cannel produit, à la distillation en grand, 200 litres de gaz par kilogramme, et la houille de Clifton 170 litres; en petit, la houille Cannel peut donner au moins 500 litres de gaz par kilogramme.

A Glascow, dans les établissemens d'éclairage, on obtient 250 litres de gaz par kilogramme de houille esquilleuse.

2. *Sources de gaz azote dans le comté de Reusslaer, New-Yorck.* (*Édimbourg*, Phil. journ.)

A six lieues, au sud-ouest du village de Bennington, au sud-est de la petite ville d'Hosick, dans le Vermont, le gaz azote s'élève de terre, au travers du gravier, en quantité immense, et il fait bouillonner l'eau de plusieurs sources qui se trouvent dans ce lieu.

---

3. *Note sur les sources chaudes de l'île de Ceylan, d'après les observations faites dans cette île par* M. John Davy. (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 269.)

Il y a plusieurs sources chaudes dans l'île de Ceylan: celles de *Cannéa*, près de Trinquemalle, sont au nombre de quatre; leur température est de 38 à 42°. cent. L'eau est limpide et ne forme aucun dépôt; elle n'a ni odeur ni saveur : sa pesanteur spécifique est exactement la même que celle de l'eau distillée. Les réactifs n'ont pu y faire découvrir d'autres substances étrangères qu'une trace de muriate de soude et une très-petite quantité de gaz acide carbonique et d'azote : ces gaz s'en dégagent aux sources mêmes, sous la forme de bulles plus ou moins abondantes.

Dans l'intérieur de l'île, non loin de Batticoloa, il y a des sources semblables, mais dont la température est beaucoup plus élevée.

---

4. *Sur les eaux chaudes de la Cordillère de Venezuela*, par MM. Boussingault et Mariano de Rivero. (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 272.)

On connaît, dans la chaîne primitive de la côte, trois points d'où sortent des sources thermales : deux de ces sources, celles d'Onoto et de Mariara, forment des ruisseaux appartenant au système de rivières intérieures qui affluent au lac de Taricaqua; l'autre, nommée *de las Trincheras*, est située près de Porto-Cabello et se rend à la mer.

Les eaux thermales d'Onoto sont situées à 702 mètres au-dessus du niveau de la mer: la roche d'où elles sourdent en abondance est le gneiss. Avec un peu d'attention, on reconnaît aisément qu'elles sont poussées de bas en haut. Leur température n'est que de 44°,5 cent. Elles n'ont ni odeur ni saveur, et, par l'évaporation à siccité, elles ne laissent qu'un résidu inappréciable, qui consiste en un peu de silice et une trace d'alcali. Il s'élève du fond de chaque source, par intermittence, une foule de bulles formées par du gaz azote tout pur.

Les sources de Mariara sont à 476 mètres au-dessus de la mer; elles sortent du gneiss. La température des moins chaudes est de 34°, et celle des plus chaudes de 64. Elles forment des concrétions siliceuses sur les pierres qui se trouvent dans le ruisseau; elles dégagent du gaz azote pur; elles répandent une légère odeur de gaz hydrogène sulfuré. Par l'évaporation, l'eau laisse un faible résidu, dans lequel on trouve de la silice, de l'acide carbonique, de l'acide sulfurique, de la soude, de la magnésie et de la chaux.

Les circonstances politiques nous ont empêchés de visiter les eaux minérales de las Trincheras. M. de Humboldt dit que leur température est de 90°,4 c., qu'elles sont très-chargées d'hydrogène sulfuré, et qu'elles contiennent plus de sels que les eaux de Mariara.

---

5. *Sur la chaleur des eaux thermales naturelles*; par M. Longchamp. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 247.)

On dit par-tout que les eaux thermales naturelles conservent leur chaleur plus long-temps qu'une eau de rivière élevée à la même température au moyen du feu de nos foyers.

Cette opinion étant généralement répandue non-seulement parmi MM. les médecins et inspecteurs des eaux, et les personnes qui habitent les lieux thermaux, mais étant encore partagée par un assez grand nombre de médecins qui sont étrangers à l'administration des eaux minérales, et proclamée dans les ouvrages les plus récens (1), j'ai dû l'examiner. Or, de nombreuses expériences, faites par des moyens qui ne peuvent laisser aucune incertitude sur les résultats, m'en ont démontré la fausseté, et m'ont prouvé que les eaux thermales naturelles sont soumises absolument aux mêmes lois de refroidissement qu'une eau quelconque, amenée artificiellement aux mêmes degrés de température.

---

(1) *Dictionnaire de médecine*, 1823, t. 7, p. 260; *Journal complémentaire du Dictionnaire des sciences médicales*, 1820, t. 26, p. 103; *Mémoires de médecine et de pharmacie militaires*, 1822, t. 12, p. 21.

6. *Analyse de l'eau minérale d'Enghien, près Montmorency*; par M. Henry fils. (Journ. de Pharm., t. IX, p. 482.)

Source du Roi. L'eau est limpide, mais elle ne tarde pas à se troubler à l'air; elle a l'odeur des œufs pourris. Sa saveur est amère et sulfureuse; sa pesanteur spécifique est de 1,00069. J'ai trouvé sa température de 15° : elle rougit le tournesol.

Lorsqu'on la fait bouillir, elle laisse dégager du gaz hydrogène sulfuré pendant long-temps; elle devient verdâtre, puis laiteuse, et elle dépose des flocons grisâtres d'une substance végéto-animale.

Quand on l'évapore en vases clos, elle laisse un résidu d'hydrosulfate; mais quand on fait l'opération à l'air libre, le résidu contient beaucoup d'hyposulfites; il est déliquescent, et sa saveur est salée, amère et sulfureuse.

L'eau contient :

Azote	0,000017	0,014	en volume.
Acide carbonique	0,000248	0,126	
Acide hydrosulf. libre	0,000018	0,012	
Muriate de soude	0,000050		
Muriate de magnésie	0,000100		
Sulfate de magnésie	0,000105		
Sulfate de chaux	0,000050		
Sous-carb. de magnésie	0,000038		
Carbonate de chaux	0,000330		
Silice	0,000040		
Hydrosulfate de chaux et de magnésie	0,000557		
Matière végéto-animale	trace.		
	0,001270		

J'ai dosé l'acide hydrosulfurique combiné, en mélant à l'eau du muriate de manganèse; ce qui ne précipite pas l'acide hydrosulfurique libre.

Il est probable que l'acide carbonique libre que l'eau contient réagit continuellement et lentement sur les hydrosulfates, et en dégage l'acide hydrosulfurique.

---

7. *Note sur les eaux sulfureuses de Barége, Cauterets et Saint-Sauveur* (Hautes-Pyrénées); par M. Longchamp. (Ann. de Ch., t. XXII, p. 156.)

Les eaux sulfureuses des Hautes-Pyrénées sont très-peu chargées de principes fixes; car celles qui en contiennent le plus laissent, après l'évaporation à siccité, un résidu qui est à peine la trois mille quatre centième partie de l'eau évaporée.

Ce résidu se compose de sous-carbonate, de muriate, de sulfate et d'hyposulfate de soude, d'un peu de sous-carbonate de chaux et de magnésie, d'une petite quantité de silice et de quelques atomes d'une matière animale, que je nomme *barégine*.

Le sous-carbonate n'existe pas dans l'eau au moment où elle sort du sein de la terre; car cette eau verdit le sirop de violette, et ne se trouble pas par l'eau de chaux : la soude y est en partie à l'état caustique et en partie combinée avec de l'hydrogène sulfuré. La proportion d'hydrogène sulfuré que contiennent les sources les plus sulfureuses ne s'élève qu'à 0,000028. Une portion de cet hydrogène sulfuré se dégage par l'ébul-

lition, quoiqu'il se trouve dans l'eau en présence d'un grand excès de soude caustique.

---

8. *Analyse des eaux minérales de Vals*, (département de l'Ardèche); *par M. P.* Berthier. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 256.)

Les eaux minérales de Vals sont en grande réputation dans le midi de la France. Pendant la belle saison, il se trouve quelquefois dans le pays plus de trois cents personnes réunies pour les boire. La contrée est montueuse, mais singulièrement pittoresque; elle est couverte de vieux cratères et de lambeaux de laves qui se rattachent aux hautes cimes volcaniques qui dominent tout le Vivarais. Près de Vals, les laves sont très-morcelées et laissent à découvert en mille endroits, principalement dans les vallées, le terrain sur lequel elles reposent. Ce terrain est très-varié; il se compose de roches primitives, d'un dépôt houiller, dans lequel on exploite la petite mine de houille de Prades, et qui offre quelques indices de minerais métalliques, et enfin du calcaire secondaire ancien, qui prend naissance ici et qui s'étend à l'est et au sud, dans le bassin du Rhône, jusqu'à une très-grande distance. Vals est donc une station des plus intéressantes et des plus instructives pour le géologue.

Vals n'est qu'un village assez pauvre; mais la petite ville d'Aubenas, qui n'en est éloignée que de trois quarts de lieue, offre toutes les ressources désirables aux buveurs.

Les sources sont au nombre de quatre : elles sont situées auprès du village, sur les bords de la Volane; dans l'hiver, elles sont souvent noyées

par les eaux de ce ruisseau, du fond duquel on voit, dans les temps de sécheresse, s'élever des bulles de gaz, qui annoncent que des filets d'eau minérale viennent sourdre au milieu même de son lit.

1°. La source *Marie*, qui se trouve sur la rive droite, est très-peu abondante; on n'en fait aucun usage, quoique, dans le pays, on lui attribue les propriétés les plus extraordinaires.

2°. La source de *la Marquise* est la plus considérable de toutes, et fournit à la consommation de presque tous les buveurs : elle est sur la rive gauche, ainsi que les deux autres.

3°. La source *la Camuse* est peu volumineuse.

4°. La source *la Dominique* dépose beaucoup d'oxide de fer en sortant du rocher, et on ne l'emploie pas à cause de cela.

Suivant le docteur Ambry, médecin inspecteur des eaux, les quatre sources ne produisent ensemble qu'environ 7 mètres cubes par 24 heures, ce qui donne 2,550 mètres cubes ou 25,500 quintaux métriques par année.

Je n'ai analysé que l'eau de la source *la Marquise;* mais il est très-probable que l'eau des autres sources n'en diffère pas notablement. Ces eaux sont froides; elles laissent dégager du gaz acide carbonique en abondance, et elles couvrent le rocher d'efflorescences salines ou plutôt alcalines. Leur saveur est peu prononcée et n'a rien de désagréable. Elles rougissent très-légèrement le tournesol.

Pour en faire l'analyse, je me suis procuré une quantité suffisante de sels solubles et de matières insolubles en évaporant 10 litres d'eau sur les lieux, et pour connaître exactement la propor-

tion de ces substances, j'ai fait évaporer avec tout le soin possible un litre d'eau, transporté à Paris. Les circonstances ne m'ont pas permis de déterminer la quantité d'acide carbonique; mais il est évident que les eaux en sont sursaturées. Il résulte de mes expériences que l'eau de la source *la Marquise* contient :

	Sels anhydres.		Sels cristallisés.	
Carbonate de soude neutre. .	0,007157	0,007370	0,009701	0,009981
Muriate de soude.	0,000160		0,000160	
Sulfate de soude.	0,000053		0,000120	
Carbonate de chaux.	0,000180	0,000436	0,000180	0,000436
Carbonate de magnésie	0,000125		0,000125	
Silice.	0,000116		0,000116	
Oxide de fer.	0,000015		0,000015	
	0,007806		0,010417,	

ou

	Sels anhydres.		Sels cristallisés.	
Sous-carbonate de soude. . . .	0,005125	0,005338	0,013859	0,014139
Muriate de soude.	0,000160		0,000160	
Sulfate de soude.	0,000053		0,000120	
Matières insolubles.	0,000436		0,000436	
	0,005774		0,014575	

Si l'on compare ce résultat avec ceux qui ont été fournis par toutes les eaux minérales du même genre, on verra qu'il n'en est aucune qui contienne une aussi grande proportion de substances en dissolution que les eaux de Vals. Ces eaux se distinguent encore de toutes les autres en ce que le carbonate de soude qu'elles renferment y est presque pur. Si elles étaient abondantes, on aurait pu les traiter avec le plus grand profit pour en extraire ce sel; la beauté du climat aurait faci-

lité la graduation; la mine de houille de Prades aurait fourni à bas prix le combustible nécessaire pour l'évaporation. Je crois même que, quoique les sources aient un volume très peu considérable, le propriétaire pourrait en tirer un parti avantageux, en recueillant les eaux avec le plus grand soin pour alimenter une petite fabrique de soude : effectivement, les 25,500 quintaux métriques d'eau, qui sont le produit annuel des sources, contiennent 136 quintaux métriques de sels alcalins, composés de :

Sous-carbonate de soude.	0,96,	1,00
Muriate de soude.	0,03,	
Sulfate de soude.	0,01,	

c'est-à-dire, de carbonate de soude à 96°. Or, on en obtiendrait aisément 100 quintaux métriques, dont la valeur est de 10,000 à 12,000 fr.

---

9. *Examen chimique des eaux minérales de Carlsbad, de Tœplitz et de Konigswart;* par M. J. Berzelius (Mémoires de l'académie des sciences de Stockholm 1823); traduit par M. G. Rose. (Extrait.)

Les eaux minérales de Carlsbad ont été découvertes en 1358, dans une partie de chasse de l'empereur Charles V. Elles sont situées dans une vallée granitique, étroite et profonde, arrosée par le Tepel, à peu de distance de l'endroit où elle s'ouvre dans la vallée de l'Éger. Les sources sont en très-grand nombre; mais elles sont peu éloignées les unes des autres, et elles se trouvent toutes sur les bords du ruisseau. Les baigneurs Situation.

ne font usage que de celles qui portent les noms suivans : le Sprudel, l'Hygiäa, le Mühlbrunnen, le Neubrunnen, le Theresienbrunnen, le Bernhardsbrunnen et le Spitalsbrunnen.

Gisement. Les eaux s'élèvent avec force à travers les fentes d'une croûte calcaire, à laquelle les dépôts qu'elles forment, quand l'acide carbonique qu'elles contiennent se dégage, ont donné naissance. Vers 1713, cette croûte s'étant rompue en différens points, les eaux se répandirent dans le Tepel, et l'on vit qu'elles remplissaient des cavités irrégulières assez vastes, placées en étages, et séparées les unes des autres par des cloisons de même nature que la croûte extérieure. Pour remédier à cet accident, et pour empêcher qu'il ne se renouvelât, on boucha avec de la maçonnerie toutes les ouvertures qui donnaient issue à l'eau dans le Tepel.

Le Sprudel produit alternativement de l'eau et du gaz acide carbonique dix-huit à dix-neuf fois par minute. Lorsque les cavités qui alimentent cette source contiennent de l'eau, celle-ci, comprimée par le gaz carbonique, s'écoule par les ouvertures inférieures en jaillissant jusqu'à la hauteur de 2 à 5 pieds; mais peu-à-peu le gaz s'amasse dans les cavités, et lorsqu'elles en sont remplies, il s'échappe à son tour: alors l'eau remonte de nouveau, et elle jaillit aussitôt que le gaz a acquis une force élastique assez grande pour l'expulser.

Température. Les sources de Carlsbad sont toutes très-chaudes, mais non pas au même degré; elles le sont d'autant plus qu'elles sont situées à un niveau plus bas. Le Sprudel marque 73° $\frac{1}{2}$ cent., et le Schlassbrunnen 50° $\frac{2}{3}$ seulement.

La quantité d'eau minérale que produisent les sources est immense. Le Sprudel et l'Hygiäa en donnent, à elles seules, 192,000 pieds cubes en 24 heures et 73 millions par année. Volume.

Par-tout où l'on creuse dans la ville, l'eau minérale s'élève avec violence. Les caves sont infectées d'acide carbonique; l'on voit même ce gaz s'échapper en bulles à travers l'eau de la rivière, sur une assez grande longueur.

Anciennes analyses.

Les eaux de Carlsbad ont déjà été analysées par le docteur Becher en 1779, par Klaproth en 1789, et par le docteur Reuss de Bilin, en 1812 et 1818. Ces savans y ont trouvé, sur 1000 parties:

	Becher.	Klaproth.	Reuss.
Sulfate de soude.....	2,520	2,431	2,405
Carbonate de soude..	1,540	1,345	1,302
Muriate de soude....	0,870	1,198	1,163
Carbonate de chaux..	0,560	0,414	0,447
Silice.........		0,086	0,080
Oxide de fer......	0,050	0,004	0,004
	5,540	5,478	5,401

J'en ai entrepris une nouvelle analyse, à la sollicitation de personnes dont je me plais à satisfaire les désirs.

Atelier d'évaporation.

Le docteur Becher a créé un petit atelier, qui subsiste encore, pour extraire d'une certaine quantité d'eau minérale les sels qu'elle contient. Cet atelier consiste en chaudières d'étain qui sont placées au milieu d'un bassin, dans lequel l'eau arrive immédiatement, et se renouvelle sans cesse. L'eau contenue dans les chaudières, tenue ainsi constamment à la température des sources, s'évapore peu-à-peu : on recueille les sels à mesure qu'ils cristallisent. Les divers produits de cet atelier m'ont donné toute facilité pour rechercher les substances qui n'existent qu'en très-petite quantité dans les eaux.

Propriétés. Les eaux minérales de Carlsbad sont limpides et incolores. Leur pesanteur spécifique est de 1,004975 à la température de 18° cent.; elles n'ont pas d'odeur, et ne contiennent pas d'hydrogène sulfuré; leur saveur est celle du bouillon de poulet, à laquelle succède une saveur alcaline désagréable.

Essais préliminaires. 625g4 d'eau du Sprudel, évaporés avec le plus grand soin, m'ont donné :

Sels solubles calcinés...	3g,058. .	.0,004890
Subs. insol. desséchées..	0g,324. .	.0,000518
	3g,382. .	.0,005408

Des essais préliminaires m'ont fait reconnaître dans les sels solubles, du sulfate, du muriate et du carbonate de soude et une petite quantité de carbonate de magnésie, et je me suis assuré qu'ils ne contiennent ni potasse, ni lithion, ni silice, ni acides fluorique et phosphorique. Quand on chauffe ces sels jusqu'à fusion, et qu'on les redissout dans l'eau, toute la magnésie se sépare. J'ai trouvé dans la partie insoluble, de la chaux, de la magnésie, de la strontiane, de l'oxide de fer, de l'alumine, de l'acide fluorique, de l'acide phosphorique et de la silice. La plupart de ces substances y existent en si petites quantités, que ce n'est que le hasard qui me les a fait découvrir, et que je n'aurais pas pu en déterminer la proportion, si je n'eusse eu à ma disposition le dépôt que forment les eaux dans l'atelier du docteur Becher. Ce dépôt est concrétionné, cristallin et fibreux comme l'arragonite; sa pesanteur spécifique est de 2,84; il est irrégulièrement coloré

en brun par de l'oxide de fer. Voici de quelle manière je l'ai analysé.

a. 10g. de la matière, broyée, lavée et bien séchée, ont été traités par de l'acide muriatique étendu, à chaud; il est resté 0g,001 d'oxide de manganèse mêlé d'étain : ce dernier métal provenait évidemment des chaudières sur lesquelles le dépôt s'était formé. Analyse.

b. L'ammoniaque fit dans la dissolution un précipité, qui devint brun par la dessiccation, et pesa 0g,157.

c. Ce précipité, traité par l'acide sulfurique dans un creuset de platine, laissa dégager de l'acide fluorique, mais lentement et sans effervescence, ce qui prouve qu'il ne contenait pas de silice. Le tout ayant été dissous dans l'eau, on ajouta à la liqueur de l'ammoniaque, qui en a précipité 0g,06 d'oxide de fer.

d. La liqueur *c* donna, par l'oxalate d'ammoniaque, un précipité d'oxalate de chaux, qui, chauffé à une chaleur convenable, se changea en 0g,127 de carbonate de chaux, équivalant à 0g,099 de fluate de chaux.

e. Le dépôt d'oxide de fer *c* ayant été traité par l'acide muriatique, il resta 0g,001 d'oxide d'étain. La dissolution ayant été presque saturée de muriate d'ammoniaque, j'en précipitai le fer par le prussiate de potasse, puis j'obtins, par l'ammoniaque, un dépôt blanc pesant 0g,015 (1). Enfin la dissolution donna, par l'eau de chaux, 0g,003 de phosphate de chaux, contenant 0g,00135 d'acide phosphorique, qui avait été combiné avec

(1) J'ai ajouté du muriate d'ammoniaque, parce que ce sel a la propriété d'empêcher le prussiate de fer de se dissoudre dans l'eau qui contient du prussiate de potasse.

de l'oxide de fer. On trouve, par différence, que la proportion de celui-ci s'élève à 0g,0436. Le précipité, pesant 0g,015, a été redissous dans l'acide muriatique et la dissolution sursaturée de potasse caustique; il s'est déposé 0g,004 de phosphate de chaux. La liqueur alcaline, neutralisée par l'acide muriatique, a donné, par l'ammoniaque, un précipité pesant 0g,01 : c'était du sous-phosphate d'alumine mêlé d'une petite quantité de phosphate de manganèse.

f. Une autre portion du dépôt minéral, ayant été chauffée dans un appareil, a laissé dégager 0,0159 d'eau.

Il suit de toutes ces expériences que ce dépôt contient 0,9677 de carbonates de chaux et de strontiane.

g. Pour déterminer la proportion de la strontiane, je fis évaporer la liqueur *b* à siccité, je traitai le résidu par l'acide nitrique en excès, et je le fis sécher de nouveau assez fortement pour volatiliser les sels ammoniacaux; après quoi, je le traitai par l'alcool : il résta une très-petite quantité de nitrate de strontiane. Ce sel, ayant été dissous dans l'eau, j'en précipitai la strontiane par l'oxalate d'ammoniaque : le précipité se changea par la chaleur en carbonate, dont le poids fut de 0g,03. Je m'assurai que c'était du carbonate de strontiane, en le faisant dissoudre dans l'acide muriatique, et en examinant les propriétés du muriate : ce sel cristallisait en aiguilles; il colorait la flamme de l'alcool en rouge; il précipitait une dissolution saturée de sulfate de chaux, et le précipité se dissolvait dans l'acide muriatique, ce qui prouve qu'il ne renfermait pas de baryte.

Comme le fer, le manganèse et la magnésie sont à l'état de carbonates dans les eaux minérales ; ils ne se déposent pas, du moins en totalité, avec les substances que ces eaux abandonnent au contact de l'air : pour en déterminer la proportion d'une manière exacte, j'ai analysé 4g,107 du dépôt que l'eau forme lorsqu'on la rapproche presqu'à siccité.

a. Ce dépôt a été dissous dans l'acide nitrique, et la dissolution précipitée par l'ammoniaque.

b. Le précipité *a* non calciné a été traité par l'acide sulfurique concentré : il s'est dégagé du gaz fluosilicique, qui a été reçu dans une dissolution de carbonate de soude et dosé.

c. La dissolution sulfurique ayant été précipitée par l'ammoniaque, il n'y resta pas de chaux : le précipité n'en contenait pas non plus ; il était composé d'oxide de fer mêlé de phosphate d'alumine et d'une trace de phosphate de manganèse.

d. La liqueur *a* donna, par l'oxalate d'ammoniaque, 2g,514 de carbonate de chaux et de manganèse.

e. Ce précipité a été redissous dans l'acide nitrique, la dissolution évaporée à siccité, et le résidu traité successivement par l'alcool et par l'eau légèrement acidulée ; il est resté 0g,004 d'oxide de manganèse.

f. La magnésie a été précipitée dans la liqueur *d.*

Il résulte de toutes ces expériences que l'eau du Sprudel contient : Composition.

Sulfate de soude		0,00258713
Carbonate de soude	anhydres	0,00126237
Muriate de soude		0,00103852
Carbonate de ohaux		0,00030860
Fluate de chaux		0,00000320
Phosphate de chaux		0,00000022
Carbonate de strontiane		0,00000096
Carbonate de magnésie		0,00017834
Phosphate d'alumine		0,00000032
Carbonate de fer		0,00000362
Carbonate de manganèse		0,00000084
Silice		0,00007515
		0,00545927

Les eaux du Mühlbrunnen, du Neubrunnen et du Theresienbrunnen m'ont donné le même résultat. Cela prouve que les eaux de Carlsbad sortent toutes d'un même réservoir, et qu'elles ne diffèrent les unes des autres que par leur température et la quantité d'acide carbonique qu'elles retiennent. Beaucoup de personnes, même des médecins, prétendent que chaque source a des propriétés médicinales particulières : cette opinion n'a aucun fondement, et doit être mise au nombre de ces idées vagues ou erronées qui sont si communes dans la médecine des eaux minérales.

État dans lequel les substances sont dans l'eau.

Berthollet a fait voir, il y a déjà long-temps, que lorsqu'il se trouve plusieurs bases et plusieurs acides dans une même dissolution, chaque base se combine avec une certaine portion de chaque acide, portion qui dépend de la force d'affinité et de la masse de ceux-ci ; mais que, par l'évaporation, il se forme d'autres combinaisons qui sont les moins solubles. L'eau de Carlsbad doit donc contenir un très-grand nombre de composés salins ; mais j'ai cru devoir, pour exprimer sa com-

position, n'y admettre que ceux qu'elle produit lorsqu'on l'évapore. Les carbonates y sont certainement à l'état de bicarbonates ; je ne les ai cependant pas rapportés comme tels, afin de me conformer à l'usage.

Le phosphate de chaux est tenu en dissolution dans l'eau à la faveur de l'acide carbonique, et le fluate de chaux est dissous par le bicarbonate de soude. Dissolvans.

Plusieurs chimistes ont essayé d'appliquer la doctrine des proportions déterminées à l'analyse des eaux minérales ; mais il suffit de jeter un coup d'œil sur les résultats pour voir que cela n'est pas praticable. Proportions définies.

Le gaz qui se trouve au-dessus de l'eau, dans le réservoir du Sprudel, est de l'acide carbonique, mêlé d'un millième de son volume de gaz azote. L'eau prise à la source pourrait abandonner, par l'ébullition, un volume d'acide carbonique, mesuré à zéro, à-peu-près égal au sien. Détermination des gaz.

Il se forme dans l'eau de Carlsbad, conservée dans des bouteilles fermées, un petit dépôt, qui devient d'un brun foncé à l'air, mais qui blanchit par la calcination : je l'ai trouvé composé de silicate de fer, de sous-phosphate de fer et d'alumine, et d'une substance d'origine végétale. Cette substance, incolore par elle-même, devient noire par l'action de l'air; elle paraît être une partie constituante essentielle des eaux ; elle se dépose avec la silice, pour laquelle elle semble avoir une grande affinité. Dépôt dans les bouteilles.

Le dépôt calcaire que les eaux minérales ont formé autour de Carlsbad se présente sous divers aspects : il est tantôt fibreux, tantôt saccharoïde et presque compacte, tantôt incolore et Dépôt pierreux de Carlsbad.

tantôt brun, ou rubané de blanc et de brun; quelquefois il est légèrement translucide. Lorsqu'on le chauffe à la lampe, il tombe en poudre comme l'arragonite ; ce qui n'arrive pas aux pierres calcaires qui ne renferment pas de carbonate de strontiane. Trois variétés m'ont donné à l'analyse :

	1°.	2°.	3°.
Carbonate de chaux	0,9647	0,9700	0,5320
Fluate de chaux	0,0099	0,0069	
Carbonate de strontiane	0,0030	0,0032	
Phosphate de chaux	0,0006		
Phosphate d'alumine	0,0010	0,0039	0,0060
Peroxide de fer	0,0043		0,1935
Oxide d'étain	0,0006		
Sous-phosphate de fer			0,0177
Proto-carbonate de fer			0,1213
Silice			0,0395
Eau	0,0159	0,0160	0,0900
	1,0000	1,0000	1,0000

La première variété est celle qui se forme sur les chaudières d'étain, et dont j'ai rapporté l'analyse avec détail. On emploie la seconde pour ornement à Carlsbad, parce qu'elle est susceptible de prendre un très-beau poli ; elle est fibreuse, brune et fort dure ; sa pesanteur spécifique est de 2,860. La troisième variété est compacte, d'un brun foncé, presque noir et luisant à la surface ; elle se forme autour de l'ouverture par laquelle s'écoule l'eau du Sprudel. J'ai trouvé du fluosilicate de potasse dans une autre variété, mais en trop petite quantité pour être dosé.

Origine des eaux. Becher pensait que l'eau minérale de Carlsbad est produite par la réaction d'une eau chargée de muriate de soude sur une couche de pyrite

embrasée. Klaproth modifia l'hypothèse de Becher, en substituant à la couche de pyrite une couche de houille pyriteuse en combustion. Ces hypothèses sont évidemment inadmissibles, et n'ont plus maintenant aucun partisan; mais autant il est facile de les combattre, autant il est difficile de leur substituer une hypothèse plus vraisemblable : je l'essaierai cependant. Hypothèses anciennes.

On sait qu'il existe auprès de beaucoup de volcans brûlans des sources chaudes qui produisent une quantité énorme d'eau, tenant en dissolution plusieurs substances, entre autres des sulfates, muriates et carbonates de soude, des sulfures alcalins et de la silice. Comme ces sources sont, sans aucun doute, alimentées de la même manière que toutes les autres sources, par l'eau pluviale, qui est froide et pure, il faut en conclure qu'elles doivent leur température à la chaleur des foyers volcaniques près desquels elles passent, et que les substances qu'elles entraînent en dissolution sont un produit immédiat et général des volcans. Quoi qu'il en soit, au surplus, il me paraît très-vraisemblable que la température et la salure des eaux minérales sont dues à deux causes dépendant l'une de l'autre. Hypothèse nouvelle.

On ne peut expliquer la continuité du cours des sources qu'en supposant que l'eau est continuellement poussée au jour par une masse d'eau inférieure, entretenue sans cesse par l'eau atmosphérique. Quelle serait la substance qui produirait l'écoulement, si ce n'était pas l'eau? Et d'où viendrait cette substance (1)?

---

(1) On voit par-tout que les eaux minérales sont poussées hors de terre par une force considérable; on voit éga-

Lorsque les sources contiennent des sulfures alcalins, on peut croire que cela provient, soit de ce que l'action du volcan dont elles sortent ne s'est pas assez prolongée pour oxider toutes les substances oxidables, soit de ce que le foyer volcanique a changé de place avant d'avoir épuisé toute son action.

Supposons maintenant qu'un volcan s'éteigne et que son cratère se bouche, le foyer se refroidira peu-à-peu; mais comme la chaleur ne pourra pas se dégager par irradiation, et qu'elle ne se perdra qu'en traversant les masses minérales environnantes, qui sont de très-mauvais conducteurs, il faudra des siècles pour amener la température au degré de la température moyenne de la terre. Pendant ce temps, les sources qui existaient dans son voisinage continueront à couler par les mêmes canaux, et elles se saleront tant qu'elles trouveront quelque chose à dissoudre sur leur passage : alors, selon que la température diminuera dans le même rapport que la masse des

lement qu'elles arrivent au jour pêle-mêle avec des substances gazeuses (l'acide carbonique, l'azote, etc.), qu'elles ne peuvent dissoudre, du moins en totalité. N'est-il pas très-naturel, d'après cela, de supposer que ce sont ces substances qui, à cause de l'état de compression dans lequel elles doivent se trouver dans le sein de la terre, obligent l'eau à s'élever jusqu'à sa surface, à travers les fissures de la roche? Mais d'où viennent ces substances gazeuses? A coup sûr, ce n'est pas de l'atmosphère : il faut donc que ce soit des cavités souterraines elles-mêmes. Or, s'il se produit des gaz en quantité immense dans ces cavités, pourquoi ne s'y produirait-il pas en même temps de l'eau et des sels? La supposition que les sources minérales sont entretenues par l'eau atmosphérique est sujette à de grandes objections. *R.*

substances solubles, ou plus lentement, il y aura des sources tièdes, riches en sels et en acide carbonique, ou des sources très-chaudes et peu salées, jusquà ce qu'enfin toutes deviennent froides et presque pures, comme les sources ordinaires.

Voyons si telle peut être l'origine des eaux minérales de Carlsbad.

Lorsqu'on entre dans la Bohême en venant de Dresde, on est frappé de la ressemblance du pays qui s'offre à la vue avec l'Auvergne et le Vivarais. Depuis Tœplitz jusqu'à Éger, des deux côtés de la vallée, et sur-tout aux environs de Carlsbad, les roches volcaniques abondent, et quoiqu'on n'aperçoive nulle part des traces de cratères, ces roches ont une si grande analogie, par leur aspect et par leur manière d'être, avec celles de l'Auvergne et du Vivarais, qui sont incontestablement volcaniques, qu'il n'est pas possible de supposer qu'elles ne le soient pas également. Il est probable qu'il y a eu des volcans à toutes les époques de la période durant laquelle il s'est opéré des changemens à la surface de la terre; mais les cratères des plus anciens de ces volcans ont totalement disparu.

En Auvergne, il existe un très-grand nombre de sources minérales : telles sont, entre autres, les sources de Saint-Marc, de Saint-Allyre, du Mont-d'Or, de Saint-Nectaire, de Chaudes-Aigues, de Vichy : quelques-unes de ces sources sont presque bouillantes. Dans le Vivarais, on remarque aussi beaucoup de sources semblables.

Dans la Bohême, les sources minérales paraissent dès qu'on se trouve sur le terrain volcanique. Les plus célèbres sont les sources chaudes

de Tœplitz, les sources alcalines de Bilin, celles de Sedlitz et de Seidschütz, les sources de Carlsbad, les plus remarquables de toutes, enfin celles de Marienbad et d'Éger, et en outre un nombre considérable de sources froides, qu'on nomme, dans le pays, *säuerlings*.

Si l'on compare les analyses qui ont été publiées des eaux de Reicum en Islande, du Mont-d'Or, de Saint-Nectaire, de Chaudes-Aigues et de Vichy en France, avec l'analyse des eaux de Carlsbad, rapportée dans ce mémoire, avec l'analyse des eaux de Kreutzbrunnen, de Franzensbrunnen, de Ferdinandsquelle, faite par Steinmann, et avec l'analyse des eaux de Bilin (1), exécutée par le docteur Reuss, on verra que toutes ces eaux renferment les mêmes substances : or, une si parfaite analogie de composition ne peut pas être l'effet du hasard; et comme, d'ailleurs, il n'y a qu'un très-petit nombre de sources de

(1) Voici quel a été le résultat de l'analyse des quatre dernières eaux.

	Kreutzbrunnen.	Franzensbrunnen.	Ferdinandsquelle.	Bilin.
Sulfat. de soude.	0,004965	0,001739	0,002937	0,000611
S.-carbon. *id.* .	0,001336	0,000480	0,001120	0,004118
Muriat. de soud.	0,001766	0,000660	0,001170	0,000231
Carb. de chaux.	0,000513	0,000149	0,000523	0,000442
Id. de magnésie.	0,000354	0,000000	0,000397	0,000334
Oxide de fer.....	0,000012	0,000010	0,000036	0,000010
Silice	0,000050	0,000034	0,000087	0,000000
	0,008996	0,003072	0,006270	0,005746

cette nature dans les terrains non volcaniques, je crois pouvoir en conclure que ce sont les volcans dans le voisinage desquels elles se trouvent qui échauffent ces sources, et qui donnent naissance aux substances qu'elles contiennent. Des eaux minérales, chargées de sels de soude et sursaturées d'acide carbonique, seraient alors le dernier produit de l'action volcanique, et la présence de telles eaux serait le dernier indice d'existence active que donneraient les volcans que nous nommons *volcans éteints*.

La constance de la température des sources est un effet de la lenteur éxtrême du refroidissement des foyers des volçans éteints ; mais il est difficile de se rendre compte de l'invariabilité de salure de chaque source : car il semble que la salure devrait diminuer à mesure que les sels contenus dans le sein de la terre se dissolvent (1). Il est probable qu'elle diminue effectivement, mais avec une telle lenteur, qu'on ne peut s'en apercevoir même après plusieurs siècles. Quant à l'acide carbonique, il reste toujours à savoir quelle est la cause qui le produit.

On pourra peut-être m'objecter qu'autour

---

(1) La quantité de sels alcalins que les eaux de Carlsbad font sortir du sein de la terre est considérable. Chaque année, les seules sources du Sprudel et de l'Hygiaa entraînent 8 millions de kilogrammes de sous-carbonate de soude cristallisé, 15 millions de sulfate de soude cristallisé, et 2 millions et demi de muriate de soude. La valeur de cette masse de sels, au prix actuel de Paris, serait de plus de 5 millions de francs. *R.*

des sources minérales de Marienbad et de Franzensbrunnen il n'y a aucun débris qui annonce l'existence d'anciens volcans; mais je répondrai que si l'on fait attention à l'énorme volume d'eau que fournissent ces sources, on se convaincra qu'elle ne peut provenir de l'eau pluviale qui tombe dans les alentours, et que, par conséquent, il faut nécessairement admettre que son origine est éloignée, et à une distance au moins aussi grande que celle des volcans les plus voisins.

Je suis, au surplus, bien loin de soutenir que toutes les sources qui contiennent de la soude et quelquefois du fer, et qui sont sursaturées d'acide carbonique, soient produites par les mêmes causes; mais je suis persuadé qu'un examen attentif du gisement de ces sources rendra mon hypothèse applicable au plus grand nombre (1).

Il y a, en outre, une classe de sources thermales qui n'appartiennent probablement pas à celles dont je viens de parler, ce sont les sources non alcalines, mais salées et hépatiques, qui sortent de terrains granitiques, dans lesquels on ne trouve point de débris volcaniques. Les sources des Pyrénées, celles de Baden en Suisse, de Bath, et de Clifton en Angleterre, sont de ce

---

(1) On connaît des sources thermales chargées de sels de soude, et sursaturées d'acide carbonique, dans un grand nombre de lieux très-éloignés de toute trace de volcans. Nous citerons les sources de Gagno, de Guittera et de Pietrapola (en Corse), d'Acqui (en Piémont), de Moutiers, de Saint-Gervais, etc. (en Savoie), d'Uriage, de Lamotte, de Briançon (dans les Alpes, près de Grenoble), de Bains, de Plombières et de Bourbonne-les-Bains (dans les Vosges), de Saint-Amand (dans la Flandre), etc.

nombre. Plusieurs géologues, se fondant sur l'hypothèse de la chaleur centrale, hypothèse que les observations faites dans les mines semblent appuyer, supposent que la température élevée de ces sources est due à ce qu'elles proviennent d'une grande profondeur. Il est possible que cette hypothèse donne une explication exacte de la chaleur de cette sorte de sources (1).

Si la production des eaux minérales était l'effet de réactions chimiques souterraines, on apercevrait quelquefois des variations considérables dans la composition de ces eaux, de même que

---

(1) Si l'hypothèse de la chaleur centrale peut donner une explication exacte de la température élevée de certaines sources thermales, pourquoi cette explication ne s'appliquerait-elle pas à toutes? Les sources thermales, éloignées des volcans, sont en même temps presque toujours salines et gazeuses, comme celles qui en sont proches : d'où il suit que, dans toutes, la chaleur et la salure sont en rapport immédiat. Tout prouve que les eaux minérales se forment au-dessous des terrains les plus anciens que nous connaissions : la plupart se montrent au jour au milieu des roches primitives ; si l'on n'en observe qu'un petit nombre dans les terrains secondaires, c'est sans doute parce que les dépôts, ordinairement horizontaux, dont se composent ces terrains, obstruent les crevasses du terrain primitif qui pourraient donner issue à ces sources, et si au contraire il en existe toujours en très-grand nombre dans les contrées volcaniques, ne serait-ce pas uniquement parce que là, plus qu'ailleurs, le sol a dû éprouver des ébranlemens qui l'ont disloqué profondément, et qui ont ouvert des passages aux eaux souterraines. Au reste, si la chaleur centrale était la principale cause des phénomènes volcaniques, ainsi que le pensent plusieurs géologues, les deux hypothèses que nous comparons rentreraient l'une dans l'autre. *R*.

l'on remarque de grandes variations dans les phénomènes des volcans en activité (1).

Plusieurs auteurs allemands supposent que les *säuerlings* qui sourdent au milieu de la tourbe doivent à la décomposition de cette substance le gaz carbonique et l'hydrogène sulfuré qu'ils contiennent; mais il est facile de se convaincre, par l'observation des lieux, que c'est au contraire l'eau minérale qui a donné naissance à la tourbe.

Analyse de l'eau de la source appelée der Kalten Säuerling.

Cette source est située dans la vallée de la Tepel, à peu de distance et au-dessus de Carlsbad: elle sort d'une roche granitique; elle ne fournit que très-peu d'eau. La saveur de cette eau est celle de l'acide carbonique, suivie d'un arrière-goût particulier désagréable : je ne sais à quoi attribuer cet arrière-goût; peut-être est-il dû à la silice, qui s'y trouve en grande quantité. L'analyse m'a donné:

Sulfate de soude	0,000019
Carbonate de soude	0,000015
Muriate de soude	0,000010
Carbonate de chaux	0,000024
Carbonate de magnésie	0,000013
Carbonate de manganèse	0,000002
Carbonate de fer, Fluate de chaux, Phosphate de chaux	0,000004
Silice	0,000047
Matière combustible analogue à de l'extrait d'humus	0,000008
	0,000142

(1) Ne pourrait-on pas opposer la même objection à

L'eau est d'ailleurs saturée d'acide carbonique, puisqu'elle bouillonne continuellement.

Analyse de l'eau de la source thermale de Tœplitz, nommée im Steinbade.

Il y a dans la petite ville de Tœplitz et dans les environs un très-grand nombre de sources chaudes, qui sont connues depuis plus de mille ans. Une analyse de l'eau du Steinbade, faite sur 769g, m'a donné :

Sulfate de potasse	0,000001
Sulfate de soude	0,000071
Carbonate de soude	0,000348
Muriate de soude	0,000055
Phosphate de soude	0,000002
Carbonate de chaux	0,000065
Carbonate de magnésie	0,000037
Oxide de fer. Phosphate d'alumine	0,000003
Silice	0,000042
	0,000624

Anbrozzi a analysé ces mêmes eaux, il y a vingt-cinq ans, et il y a trouvé deux fois autant de substances dissoutes que moi. La proportion de ces substances a-t-elle réellement diminué, ou là différence tient-elle uniquement à des erreurs d'expériences ?

M. Berzelius ? Selon lui, la production des eaux minérales est un phénomène volcanique ; les phénomènes volcaniques sont en général extrêmement variables : comment se fait-il que les eaux minérales se distinguent en tous lieux par ces caractères si remarquables d'être absolument invariables en température, en salure et en volume, au moins depuis qu'on les observe ? *R.*

Analyse des eaux minérales de Königswart.

Ces eaux minérales n'avaient pas encore été analysées. Elles sont situées à une assez grande hauteur, sur le penchant d'une montagne, à peu de distance et un peu au-dessus de la petite ville de Konigswart; elles ont la température moyenne du lieu, et elles laissent continuellement dégager du gaz acide carbonique. Il y a trois sources fort rapprochées les unes des autres: la Trinkquelle, qui est employée par les buveurs; la Badequelle, qui alimentera des bains que l'on se propose d'établir, et le Schiersäuerling. Le sol qui les entoure est tourbeux. Elles appartiennent toutes trois au prince de Metternich.

Voici le résultat de l'analyse que j'en ai faite:

	Trinkquelle.	Badequelle.	Schiersäuerling.
Sulfate de potasse....	0,0000116	0,0000071	0,0000032
Muriate de potasse...	0,0000081	0,0000015	0,0000021
Muriate de soude....	0,0000061	0,0000036	0,0000043
Carbonate de soude...	0,0000577	0,0000252	0,0000121
Carbonate de chaux..	0,0004216	0,0002070	0,0000560
Carb. de strontiane..	0,0000007	0,0000003	....
Carb. de magnésie....	0,0002120	0,0000989	0,0000316
S.-phosp. d'alumine..	0,0000026	0,0000014	0,0000022
Oxide de fer.........	....	....	
Carb. de manganèse...	0,0000070	0,0000070	0,0000027
Carbon. de fer.......	0,0000561	0,0000416	....
Silice..............	0,0000850	0,0000638	0,0000387
Extrait d'humus......	0,0000215	0,0000057	...trace..
	0,0008900	0,0004631	0,0001529

En faisant l'analyse de ces eaux, j'ai observé,

comme dans l'analyse des eaux de Carlsbad, qu'une partie des alcalis restent toujours, avec les matières qui se déposent par l'ébullition, à l'état de silicates insolubles.

---

10. *Analyse de l'eau minérale de Guillon, près Baume-les-Dames* (Doubs); par M. Desfosses de Besançon, pharmacien (Journ. de Pharm., t. VIII, p. 460.)

Cette eau, prise à la source, est limpide et incolore; mais elle se trouble promptement à l'air, devient laiteuse, et dépose du soufre, etc. Elle exhale une odeur assez forte d'hydrogène sulfuré; sa saveur est d'abord douceâtre, puis analogue à celle des œufs pourris. J'y ai trouvé :

Hydrogène sulfuré.	0,022	en volum.
Acide carbonique libre.	0,066	
Azote.	0,015	
	0,103	

Muriate de soude.	0,000253
Carbonate de chaux.	0,000116
Carbonate de magnésie.	0,000038
Matière insoluble dans les acides.	0,000003
	0,000410

Le gaz hydrogène sulfuré y est hors de toute combinaison; car il se dégage en totalité par l'ébullition : je l'ai dosé par le moyen de l'acétate de cuivre.

---

11. *Expériences et recherches sur les matières salines contenues dans l'eau de la mer*; par M. A. Marcet. (Trans. Phil., 1822.)

Il résulte des expériences nombreuses et soi-

gnées qui ont été faites sur plusieurs variétés de sel marin et sur l'eau de Portsmouth, que l'eau de l'Océan ne renferme point de sels mercuriels, ni de nitrate, ni de muriate de chaux, ni de carbonate de magnésie, ni de sulfate de soude, mais qu'elle contient du carbonate de chaux, du sel ammoniac, du sulfate double, et du muriate double de potasse et de magnésie.

On reconnaît qu'elle ne renferme pas de nitrate, en y ajoutant de l'acide sulfurique et faisant chauffer le mélange avec une feuille d'or : l'or n'est pas du tout attaqué, et il ne se manifeste aucune odeur d'eau régale.

En évaporant l'eau avec soin pour faire cristalliser les sels, on obtient du sulfate de magnésie en prismes, du sel marin, des rhomboïdes, qui sont du sulfate double de potasse et de magnésie; enfin d'autres cristaux rhomboïdaux de chlorure double de potassium et de magnésium.

Quant au muriate d'ammoniaque, il est très facile d'en constater la présence, en chauffant au rouge obscur dans une cornue les sels que l'eau fournit par l'évaporation à siccité.

---

12. *Sur l'existence de deux nouveaux fluides dans les cavités des cristaux*; par le D. Brewster. (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 305.)

Il y a dans les topazes de la Nouvelle-Hollande, d'Écosse et du Brésil, des cavités disposées par couches; on en trouve aussi dans les améthistes. Dans un échantillon de cymophane, on en a observé plus de 30,000 dans l'espace de $\frac{1}{7}$ de pouce carré. Ces cavités contiennent deux fluides différens et une petite bulle sphérique : l'un

de ces fluides est trente fois plus dilatable que l'eau, et moins réfractif que ce liquide; l'autre fluide a de l'analogie avec les résines.

Quand on prend dans la main un cristal qui contient des cavités, la chaleur dilate les liquides, et à la température de 29° les bulles disparaissent : par le refroidissement, les choses reviennent à leur premier état. Ces observations pourraient être présentées comme directement contraires à l'opinion des volcanistes.

---

13. *Essai pour servir à la connaissance des produits cristallins des fourneaux*; par M. F. Koch. (Gottingue, 1822.)

J'ai observé au Hartz, 1°. un oxide noir de fer cristallisé en octaèdre régulier, etc.; 2°. de l'oxide de zinc cristallisé, sous neuf formes secondaires; 3°. de la silice pure, fibreuse et pulvérulente; 4°. un laitier de haut fourneau, cristallisé en octaèdre rhomboïdal aigu, et qui est composé de :

Silice	0,55
Chaux.	,030
Alumine. . . .	0,10
Magnésie.. .	0,05
	1,00

5°. d'autres laitiers, dont la forme primitive est différente; 6°. enfin, du muriate de soude et de potasse, qui se forme par sublimation dans les fentes des parois des fourneaux.

---

14. *Analyse du feldspath vert de Beverly* (Massachusset); par M. J.-W. Webster. (Journ. de Phil. et des Arts, de Boston, nov. 1823.)

Ce minéral est d'un vert clair, lamelleux, et il

présente les mêmes clivages que le feldspath ; il est composé de :

Silice.	0,720
Alumine...	0,101
Potasse	0,111
Chaux.	0,012
Magnésie.	0,032
Oxide de fer. . . .	0,020
Oxide de chrôme.	trace.
	0,996

15. *Du feldspath*, *de l'albite*, *du labrador et de l'anorthite;* par M. G. Rose. (Ann. de Guilbert, 1823.)

Du feldspath et de la clevelandite; par M. Levy. (An. of Phil., 1823.)

L'examen chimique de plusieurs minéraux classés sous le nom de feldspath avait appris depuis long-temps qu'il existait des variétés de feldspath dans lesquelles la potasse était remplacée par la soude. Cette différence de composition avait fait présumer qu'il y avait peut-être plusieurs espèces réunies sous ce nom. M. Rose, à Berlin, et M. Levy, à Londres, ont confirmé, par leurs recherches cristallographiques, ce que la chimie avait fait pressentir.

M. Rose a reconnu que le feldspath renfermait quatre espèces, distinguées autant par leurs formes cristallines que par leur composition chimique.

Il les a appelées *feldspath*, *albite*, *labrador* et *anorthite.*

M. Levy n'avait divisé cette espèce qu'en deux, qui sont le *feldspath* et la *clevelandite.*

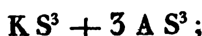
En comparant la description de ces substances, on voit que la *clevelandite* répond exactement à l'*albite*. M. Rose a donné ce nom à cette nouvelle espèce, à cause de son analogie de composition avec l'albite rayonnée de Finlande, dont il fait la variété albite rayonnée.

Le feldspath proprement dit est celui qu'on rencontre le plus fréquemment ; il comprend le feldspath de Baveno, l'adulaire de Saint-Gothard, le feldspath vert, le vitreux, celui des Sept-Montagnes, etc., et en général la plus grande partie de ce que Werner a appelé feldspath commun. Feldspath.

Sa forme primitive est, d'après M. Weiss, un prisme rhomboïdal oblique, dont les faces latérales seront, par exemple, celles désignées par T et *l* dans les figures données par M. Haüy, dans sa seconde édition, et dont P sera la base. Le rapport des trois dimensions de ce prisme est

$$= \sqrt{13} : \sqrt{3.13} : \sqrt{3}.$$

La formule chimique du feldspath est



$$KS^3 + 3\,AS^3;$$

ce qui correspond à

Silice.	65,94
Alumine.	17,75
Potasse...	16,31

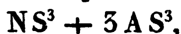
Sa pesanteur spécifique varie entre 2,39 et 2,58. C'est celui de Baveno qui a donné le premier résultat. Cette différence de pesanteur spécifique avait fait croire qu'il était d'une composition différente ; mais l'analyse a donné des résultats analogues.

Les cristaux de cette substance sont générale- Albite.

ment blancs, quelquefois jaunâtres et rougeâtres, diaphanes, ayant un certain éclat que n'a pas le feldspath ; ils sont très-variés. Les formes sont analogues à celles du feldspath, et présentent souvent le même nombre de facettes, disposées de la même manière ; le goniomètre seul peut faire apercevoir la différence. Les cristaux de l'albite sont le plus souvent hémitropes ; les hémitropies les plus communes que présente cette substance sont parallèlement à la face M. Dans ce cas, le plan supérieur P de l'un des cristaux se trouve placé avec le plan P′ inférieur de l'autre, et forme un angle rentrant ; ce qui fait reconnaître l'albite du feldspath : l'hémitropie analogue dans cette dernière substance ne présentant pas d'angle rentrant, les plans P et M étant perpendiculaires l'un sur l'autre.

La forme primitive est un prisme doublement oblique. analogue à celui adopté par M. Haüy pour le feldspath. L'angle entre les faces latérales est de 117° 53′ ; l'inclinaison de P sur M est de 93° 36′, celle de P sur T de 115° 5′.

La formule chimique de l'albite est



$$NS^3 + 3AS^3,$$

signe qui correspond à

Silice.	69,78
Alumine.	18,79
Soude	11,43

Il y a une variété d'albite qui est rayonnée ; elle vient de Suède.

Les localités de l'albite sont très-nombreuses ; elle provient du Dauphiné, du Saint-Gothard, du Tyrol, du Piémont, de Saxe, de Suède, de Sibérie, de Norwége, etc. La variété que l'on

rencontre le plus souvent dans les collections est du Dauphiné ; elle est décrite par M. Haüy, sous le nom de feldspath quadridécimal.

Il est rare de trouver le labrador en cristaux. Sa Labrador. forme montre beaucoup d'analogie avec celle du feldspath : M. Rose n'a pu en déterminer exactement les angles. Ce minéral présente des clivages parallèles à P et à M ; les premiers sont brillans, les seconds moins parfaits. Leur inclinaison est de 93° 30′, 86° 30′ ; il existe un troisième clivage encore plus imparfait que le second, parallèlement à T.

Le labrador est translucide : le clivage, suivant M, est d'un éclat fort et nacré ; le chatoiement est plus fort parallèlement à ce même clivage.

Le labrador d'Amérique et celui d'Ingermanie, analysés par Klaproth, ont donné :

	d'Amérique.	d'Ingermanie.
Silice	55,75	55
Alumine . .	26,50	24
Chaud. . . .	11	10,25
Oxide de fer.	1,25	5,25
Soude. . . .	4	3,50
Eau.	0,50	0,50
	99,00	98,50

La formule chimique, calculée d'après ces analyses, est



$$NS^3 + 3CS^3 + 12\,AS.$$

La forme primitive de cette substance est un Anorthite. prisme doublement oblique, dont l'inclinaison de M sur T est de 117° 28′ ; celle de P sur M de 94° 12′, et de P sur T de 110° 57′.

Il existe trois clivages, deux également nets, parallèlement à P et M ; le troisième suivant *l*.

L'éclat est nacré sur les clivages, vitreux dans la cassure, qui est conchoïde.

L'anorthite est quelquefois cristallisé, quelquefois en petites masses; les cristaux sont de très-petites dimensions.

Cent parties ont donné à M. Rose:

Silice....	44,49
Alumine.	34,46
Fer oxidé.	0,74
Chaux...	15,68
Magnésie.	5,26
	100,63

D'où il a conclu, pour la formule minéralogique de cette substance,



$$MS + 2CS + 8AS.$$

L'anorthite n'a été reconnu jusqu'ici que dans les blocs de carbonate de chaux qui viennent de la Somma. Il est accompagné de pyroxène vert et translucide.

Le nom d'*anorthite*, que ce fossile a reçu, signifie sans angles droits, nom déduit de sa forme primitive, qui se distingue principalement de celle du feldspath en ce que les clivages ne présentent pas d'angles droits.

16. *Sur les dents et les ossemens trouvés, en* 1821, *au fond d'une caverne, à Kirkdale, dans le Yorkshire*; par le Rév. W. Buckland. (Ann. de Ch., t. XXII, p. 305.)

La caverne de Kirkdale est située à 25 milles au nord nord-est de la ville d'Yorck; elle est ouverte dans un terrain calcaire, qui peut être rapporté à la formation *oolitique d'Oxford*; elle a la forme d'un vaste boyau tortueux et irrégulier. On a trouvé son sol recouvert d'un tas de dents et d'os-

semens brisés, qu'une couche superficielle d'un sédiment argilo-calcaire a tellement préservés de la décomposition, qu'ils contiennent presque la même proportion de gélatine que des os frais, ce dont on s'est assuré, en les plongeant à diverses reprises dans un acide, de manière à dissoudre le phosphate et le carbonate de chaux.

Ces dents et ces ossemens appartiennent aux 22 espèces d'animaux dont voici les noms :

Carnivores. — Yène, tigre, ours, loup, renard, belette, et un animal inconnu, de la grandeur du loup.

Herbivores. — Éléphant, rhinocéros, hippopotame et cheval.

Ruminans. —Bœuf, et trois espèces de cerfs.

Rongeurs. — Lapin, rat d'eau, souris.

Oiseaux. — Corbeau, pigeon, alouette, et une petite espèce de canard.

Il paraît probable que la caverne de Kirkdale a été, pendant une longue suite d'années, un lieu de retraite pour les yènes, qui y traînaient les autres animaux dont les débris se trouvent mêlés à leurs propres ossemens.

---

17. *Analyse du spath en table, du pyroxène et de la colophonite des environs du lac Champlain*; par M. Sybert, de Philadelphie. (Silliman's Amer. Journ., juin 1822, p. 123.)

Ces trois minéraux se trouvent dans le même gisement : le spath en table contient :

Silice	0,510
Chaux	0,460
Magnésie	trace.
Alumine et fer	0,013
Eau	0,010
	0,993

Le pyroxène est gris, et sa composition se trouve exprimée par la formule $MgS^2 + 2CaS^2 + 2FeS^2$.

La formule $AlS^2 + 2FeS + 3CaS$ représente la composition de la colophonite.

---

18. *Analyse du kanelstein* (essonite) *de Malsjo, près Philipstaedt, en Vermeland;* par M. A. Arfvedson. (Mém. de l'Acad. des Sciences de Stockholm, 1822.)

Ce minéral se trouve dans une roche calcaire; il a une ressemblance parfaite avec le kanelstein de Ceylan, et il n'en diffère effectivement presque pas par sa composition, ainsi qu'on pourra en juger par les analyses suivantes :

	Malsjo (Arfvedson.)	Ceylan (Klaproth.)
Silice	0,4187	0,3880
Alumine	0,2057	0,2120
Chaux	0,3394	0,3125
Oxide de fer	0,0393	0,0650
Oxide de manganèse	0,0039	
	1,0070	0,9775

Il a pour formule $FS + 8AS + 8CS$.

---

19. *De la bucklandite*; par M. Levy. (Ann. of Philosophy, 1824.)

En examinant différens échantillons de pyroxène, M. Levy a trouvé qu'un minéral classé sous ce nom, venant de la mine de Neskiel, près Arendal en Norwége, était une substance nouvelle. Elle est accompagnée de cristaux de scapolite verdâtre, d'amphibole noir lamelleux, et de chaux carbonatée couleur de chair.

La bucklandite se trouve en petits cristaux

bruns; elle raie le verre, et paraît plus dure que le pyroxène; elle ne présente pas de clivages. Son système de cristallisation ne peut s'accorder avec celui du pyroxène, tandis que les formes qu'elle présente dérivent avec facilité d'un prisme oblique, dont les angles des faces latérales sont de 70°40′, et 109°20′, et l'inclinaison de la base est de 103°56′.

M. Levy a donné à cette nouvelle substance le nom de bucklandite, en l'honneur du célèbre professeur Buckland.

---

20. *Analyse de la boracite de Lunebourg*; par M. A. Arfvedson. (Mém. de l'Acad. de Stockholm, 1822.)

Des expériences multipliées m'ont appris que, lorsqu'après avoir mélangé un borate avec trois ou quatre fois son poids de fluate de chaux exempt de silice, on le fait chauffer avec une quantité suffisante d'acide sulfurique, jusqu'à la chaleur rouge, il est totalement décomposé, et que tout l'acide borique se dégage à l'état d'acide fluoborique: le résidu contient du sulfate de chaux et toutes les bases du borate combinées avec l'acide sulfurique; il est donc très-facile d'en faire l'analyse. Lorsque la proportion des bases est connue, on a celle de l'acide borique par différence.

En employant ce procédé, j'ai trouvé que la boracite contient :

Acide borique. . . .	0,697
Magnésie.	0,303
	1,000

Et que le borax est composé de :

Acide borique.	0,656 . . .	0,692
Soude.	0,313 . . .	0,308
	1,000	1,000

21. *De la forsterite;* par M. Levy. (Ann. of Philosophy, 1824).

Cette substance se trouve en petits cristaux brillans, translucides et sans couleur; elle est plus dure que le cristal de roche, qu'elle raie.

La forsterite est composée principalement, d'après un essai de M. Children, de silice et de magnésie; les cristaux ont présenté un clivage facile, suivant la base. Les angles obtenus au goniomètre à réflexion ont conduit à adopter, pour la forme primitive de ce minéral, un prisme droit rhomboïdal, dont l'incidence des faces latérales est de 128° 54'. Le rapport d'un côté de la base à la hauteur est à-peu-près de 4 à 7.

Les cristaux de forsterite, qui ont fait connaître cette substance, proviennent du Vésuve; ils sont accompagnés de pléonaste, de pyroxène et d'olivine. M. Levy a proposé le nom de forsterite, en l'honneur de M. Forster, qui a puissamment contribué à l'avancement de la minéralogie.

22. *Analyse de l'hydrate d'alumine* (1); par le Dr. Torrey, de New-York.

Cette substance a été trouvée par M. Emmens dans une mine abandonnée d'hématite brune de Richemont (Massachusset). Elle forme des masses irrégulières de 2 à 3 pouces de longueur, sur un

(1) Voyez, sur l'hydrate d'alumine natif, *Annales des Mines,* t. V, p. 129, et t. VI, p. 531.

pouce au plus de largeur; elle est plus dure que le spath calcaire, légèrement translucide. Sa pesanteur spécifique est de 2,40. Elle blanchit au chalumeau; elle se dissout dans les acides sans faire effervescence : on n'y a trouvé ni acide phosphorique ni acide fluorique, mais seulement,

Alumine	0,648
Eau.	0,347
	0,995

23. *Analyse de l'aluminite trouvée aux environs d'Epernay* (Marne); par M. J.-L. Lassaignes. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 97.)

Ce minéral est blanc, tendre et friable comme de la craie; il happe un peu à la langue : sa pesanteur spécifique est de 1,67. Lorsqu'on le chauffe au rouge, il répand des vapeurs acides, piquantes; il se dissout sans effervescence dans l'acide muriatique ; j'y ai trouvé :

Alumine.	0,3970
Acide sulfurique. . .	0,2006
Eau.	0,3994
Sulfate de chaux.. . .	0,0030
	1,0000

24. *Analyse du chrysobéril du Brésil;* par M. A. Arfvedson. (Mém. de l'Acad. de Stockholm, 1822).

Ce minéral est composé de :

Silice.	0,1873
Alumine.	0,8143
	1,0016

Sa formule est, par conséquent, A^4S.

25. *Analyse du kaolin; par M. P.* Berthier. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 107.)

On pense généralement que le kaolin a été, dans l'origine, du feldspath solide; et cette opinion est fondée sur un grand nombre d'observations minéralogiques et géologiques qui ne paraissent pas susceptibles d'être contestées. On a cru d'abord que, pour se transformer en kaolin, le feldspath n'avait dû éprouver qu'une désagrégation qui l'avait amené à l'état de poudre impalpable; mais les analyses publiées par M. Vauquelin (*Bul. phil.*, n°. 26), et par Rose (*Karsten Tabellen*, p. 37), ayant fait voir que ces deux substances ont une composition fort différente, on a été forcé de reconnaître que, dans cette transformation, le feldspath était profondément altéré. La plupart des minéralogistes disent actuellement que le kaolin est du feldspath dont la potasse a été enlevée par une cause quelconque. Je vais montrer, en comparant entre elles et avec le feldspath plusieurs variétés de kaolin, que cette idée n'est pas exacte, et je rechercherai en quoi diffèrent réellement ces deux substances.

Voici les résultats que l'analyse a donnés :

	Saint-Yrieix. (1)	Schneeberg. (2)	Meissen. (3)	Saint-Tropez. (4)	Mende. (5)	Normandie. (6)
Silice.....	0,468	0,436	0,586	0,558	0,635	0,500
Alumine....	0,373	0,377	0,346	0,260	0,280	0,250
Potasse.....	0,025	.....	0,024	0,082	0,810	0,022
Magnésie...	trace.	.....	0,018	0,005	0,080	0,007
Chaux......	...	......	...	.....	...	0,055
Oxide de fer.	...	0,015	...	0,018	...	0,085
Eau........	0,130	0,126	...	0,072	...	0,095
	0,996	0,954	0,974	0,995	1,005	1,014

(1) Kaolin de Saint-Yrieix (Haute-Vienne), préparé par décantation à la Manufacture de porcelaine de Sèvres, et desséché. Il est parfaitement blanc. Lorsqu'il n'a pas été calciné, il est attaquable par les acides forts, et, entre autres, par l'acide sulfurique concentré : on peut aisément, par ce moyen, se procurer du sulfate d'alumine pur, et, par suite, de l'alumine. La partie non attaquée par l'acide, bien lavée et calcinée, contient :

Silice...........	0,693
Alumine........	0,267
Potasse..........	0,030
Magnésie........	0,010
	1,000

(2) Kaolin de Schneeberg (Saxe). Il est légèrement rougeâtre; on en a séparé, par le lavage, les parties pierreuses dont il est mélangé : la perte comprend l'alcali, dont on a constaté l'existence, mais que l'on n'a pas pu doser.

(3) Kaolin de Meissen. On dit qu'il provient d'une roche porphyrique. Il est d'un beau blanc, mais très-mélangé de quarz ; on l'a purifié par décantation. La pâte, desséchée, perd 0,10 d'eau par la calcination.

(4) Kaolin de la Garde-Freyney, près Saint-Tropez (Var). Il forme un banc de 12 à 14 mètres d'épaisseur, accompagné de granite graphique, au milieu d'un terrain de schiste micacé. Il est mêlé de feldspath lamelleux et de mica. Il ne fournit guère que la moitié de son poids de véritable kaolin suspensible dans l'eau. Il est très-sensiblement coloré en rouge.

(5 Kaolin des Fourches, près Mende (Lozère). Il est mêlé d'une quantité considérable de sable

feldspathique à très-gros grains. Il a une faible teinte rougeâtre.

(6) Kaolin de Normandie. Il est très-coloré par de l'oxide de fer ; cependant il n'en contient pas autant que le tableau l'indique, parce que cet oxide retient encore beaucoup d'alumine.

On voit, par ces analyses, que la composition des kaolins est variable. Je crois que cela tient à deux causes : d'abord, à ce qu'il est presque impossible de les purifier complétement par le lavage, parce qu'il y a toujours des portions très-ténues de quarz et de feldspath qui restent en suspension dans l'eau, et ensuite à ce que le feldspath ne se décompose probablement que graduellement, et passe par une multitude d'états avant de se changer en kaolin parfaitement pur. Il y a tout lieu de croire que celui-ci ne retient pas du tout de potasse.

On doit remarquer que, dans tous les kaolins, la proportion d'alumine est, par rapport à la proportion de la silice, beaucoup plus grande que dans le feldspath; il en résulte que ce minéral ne perd pas seulement de la potasse en se changeant en kaolin, comme on l'a cru, et que la cause qui en opère la décomposition lui enlève en même temps une grande quantité de silice. Si l'on admet que la potasse que contiennent les kaolins provient d'une portion de feldspath non décomposée, on trouve aisément que, dans le kaolin de Saint-Yrieix, supposé parfaitement pur, la silice serait à l'alumine à très-peu près dans le rapport de 52 à 48 : or, ce rapport est celui qui constitue le silicate d'alumine AS; et comme la formule du feldspath est $KA^{3}S^{12}$, il s'ensuit que, dans la supposition que nous avons faite, ce minéral aban-

donne le silicate de potasse KS^9, et perd par conséquent les deux tiers de son poids en passant à l'état de kaolin. Tel me paraît être effectivement le changement chimique qu'éprouve le feldspath par la lente décomposition qu'il subit dans le sein de la terre. La cause de ce phénomène extraordinaire est absolument inconnue, et il est d'autant plus difficile de s'en faire une idée, que l'eau, à laquelle on pourrait être tenté de l'attribuer, paraît être sans action sur le silicate alcalin avec grand excès d'acide KS^9.

Rose a analysé un kaolin qui présente presque exactement la composition à laquelle je suis parvenu par induction, puisqu'il y a trouvé :

Silice..............	0,5200
Alumine...........	0,4700
Oxide de fer........	0,0033
	0,9933

Le kaolin de Schneeberg diffère peu du kaolin de Saint-Yrieix. Dans le kaolin de Saint-Tropez, le feldspath n'est qu'à moitié décomposé.

On sait maintenant qu'il y a des feldspaths à base de potasse, à base de soude et à base de magnésie, et que ces trois espèces sont susceptibles de se combiner entre elles en toutes proportions. Il est très-probable que le kaolin de Meissen provient d'un feldspath un peu magnésien, et que celui de Mende est dû à la décomposition partielle d'un feldspath dans lequel la magnésie est dominante.

Quant au kaolin de Normandie, il est très-impur, et je ne puis dire si la chaux est acciden-

telle, ou si elle annonce l'existence d'un feldspath, dans lequel cette terre remplacerait en partie l'alcali.

---

26. *Expériences et observations sur le pechtein de Newry* (1) *et ses produits, et sur la formation de la pierre-ponce;* par M. G. Knox. (Trans. Phil., 1822.)

Caractères du pechtein de Newry. Densité 2,31; cassure à petites écailles; fragmens anguleux indéterminés, mais plutôt rhomboïdaux et à bords aigus; surface unie et brillante; toucher onctueux; éclat résineux; les bords aigus raient le verre; poussière gris blanchâtre passant au gris verdâtre; odeur huileuse. Dans quelques places le minéral est porphyrique, contenant empâtés de petits cristaux de feldspath et de quarz. La couleur des échantillons les plus porphyriques est le vert poireau; celle de tous les autres est le vert olive, passant au vert d'huile. Au chalumeau, il se fond sans addition en un vert couleur de poireau pâle.

Lorsqu'on le chauffe dans un creuset de platine, il perd 0,10 de son poids; dans un tube de fer, il donne de l'acide carbonique, de l'hydrogène, de l'hydrogène carboné, de l'eau et du bitume. Les gaz paraissent produits par la réaction du fer sur l'eau et le bitume; car on n'en obtient pas lorsqu'on se sert de tubes de verre. En chauffant le pechtein de Newry à la chaleur sombre,

---

(1) Voyez, pour la description et le gisement de ce minéral, le *Journal des Mines*, t. XXXIV, pag. 370.

il s'en dégage de l'eau pure; si on porte ensuite la température à la chaleur blanche, il se volatilise du bitume, qui se condense en un liquide d'un jaune de vin blanc, ayant l'odeur du tabac, et qui brûle avec flamme comme le pétrole : la proportion de ce bitume est variable; elle s'élève souvent à 0,03.

Le pechtein de Meissen et le pechtein d'Arsan contiennent aussi de l'eau et du bitume, mais dans une proportion moindre que le pechtein de Newry.

Les résidus de la calcination des diverses variétés de pechtein, lorsque la chaleur est convenable, sont des ponces parfaites; ils en ont la couleur, la légèreté et les propriétés magnétiques. Il paraît que, pour convertir un minéral en ponce, il faut qu'il contienne une substance volatile qui ne s'en dégage qu'au moment où il commence à se fondre.

J'ai analysé le pechtein de Newry par le procédé que Klaproth a suivi pour analyser celui de Meissen. Voici les résultats :

	Pechtein de Meissen. (Klaproth.)	Pechtein de Newry. (Knox.)
Silice	0,7200	0,7280
Alumine	0,1460	0,1150
Chaux	0,0100	0,0112
Oxide de fer	0,0100	0,0303
Oxid. de manganèse	0,0100	0,0000
Soude	0,0175	0,0286
Eau et bitume	0,0850	0,0850
	0,9985	0,9981

Pour doser la soude, j'ai traité le minéral par

l'acide nitrique; j'ai évaporé, repris par l'alcool pour séparer le nitrate de chaux, puis par l'eau pour dissoudre le nitrate de soude, etc.

---

27. *Sur le titane métallique trouvé dans des scories de hauts-fourneaux;* par M. H. Wollaston. (Transactions philosophiques, 1823.)

Cette substance a été observée dans les scories des hauts-fourneaux de Merthyr-Tydvil (pays de Galles), de Clyde (en Ecosse), de Low-Moor (Yorkshire), de Pedeling (Perbyshire), et de Ponti-Pool (Monmoutshire) (1). Elle se présente sous l'aspect de cubes très-petits, ayant l'éclat et la couleur du cuivre bruni, assez durs pour rayer le quarz, inattaquables par les acides nitrique, muriatique, nitro-muriatique, et l'acide sulfurique concentré. Ces cubes sont légèrement attirés par l'aimant; mais lorsqu'on les a débarrassés du fer adhérent par le moyen de l'acide muriatique, ils perdent cette propriété à-peu-près complétement. J'ai trouvé leur pesanteur spécifique de 5,3. Ils sont infusibles au chalumeau; ils deviennent rouges ou pourpres à leur surface en s'oxidant. Le borax n'a pas d'action sur eux, non plus que le carbonate de soude. Le nitre les oxide rapidement; mais, pour les dissoudre complétement, il faut employer un mélange de nitre, de borax et de carbonate de soude; la matière fondue est soluble en totalité dans l'acide muriatique, et la dissolution ne renferme que du titane.

---

(1) Il paraît qu'il en existe aussi dans les scories des hauts-fourneaux de Silésie. *R.*

Ces cubes sont donc du titane pur : leur éclat, l'inaction du borax, et au contraire l'action du nitre sur eux, portent à croire qu'ils sont à l'état métallique ; mais la preuve la plus décisive qu'il en est réellement ainsi, c'est le pouvoir que je leur ai trouvé de conduire parfaitement la plus faible électricité.

D'après la position dans laquelle on les trouve, il est évident que le titane n'a aucune affinité pour le fer. Comme ils sont tout-à-fait infusibles, il paraît probable qu'ils n'ont pas été formés par cristallisation en sortant d'un état de fusion, mais qu'ils ont reçu leur accroissement successif par la réduction de l'oxide dissous dans la scorie qui les entoure, mode de formation auquel nous devons avoir recours pour concevoir avec justesse la formation de plusieurs autres cristaux métalliques dans la nature.

---

28. *Mémoire sur différentes masses de fer qui ont été trouvées sur la Cordillière orientale des Andes;* par MM. Mariano de Rivero et Boussingault. (Imprimé en espagnol à Bogota, en 1823.)

Dans le cours de l'année 1810, on trouva, sur la colline de Tocavita, à peu de distance de Santa-Rosa, village situé à environ 20 lieues au nord-est de Bogota, et à 2744 mètres d'élévation au-dessus de la mer, plusieurs masses de fer que l'on crut provenir d'une mine de ce métal. Ces masses étaient presque entièrement enfouies en terre, sur un sol que nous avons reconnu appartenir à une formation de grès secondaire qui occupe une étendue considérable. Les habitans de Santa-Rosa

se réunirent pour transporter la plus grosse dans ce village, et lorsque nous y passâmes, elle servait d'enclume à un maréchal. Elle est entièrement métallique, d'une forme irrégulière, remplie de vacuoles, d'une structure grenue, malléable, facile à limer, et d'un blanc argentin. Sa pesanteur spécifique est de 7,3 : elle a, en un mot, tous les caractères du fer météorique. Son volume est de 102 décimètres cubes; son poids doit donc être peu éloigné de 750 kilogrammes. D'autres masses beaucoup plus petites, pesant 681 grammes, 561 grammes, etc., ont présenté à-peu-près les mêmes caractères. Nous n'avons observé d'enduit vitreux sur aucune; nous les avons analysées, et nous y avons trouvé :

	Masse de 750 k. (1)	Masse de 681g.	Masse de 561g.
Fer	0,9141	0,9123	0,9176
Nickel	0,0859	0,0821	0,0636
Partie insolub.	0,0000	0,0028	0,0000
	1,0000	0,9972	0,9812

On a découvert aussi du fer météorique au village de Rasgata, dans le voisinage de la saline de Zipaquira. Nous en avons vu deux masses, l'une du poids de 40 kilogrammes, et l'autre de 22; elles sont très-malléables : leur cassure a un éclat argentin; leur pesanteur spécifique est de 7,6. On n'aperçoit aucune cavité dans la première; la seconde présente au contraire beaucoup de vacuoles. Elles contiennent 0,07 à 0,08 de nickel, comme les masses de Santa-Rosa.

(1) On a envoyé une portion de cette masse en Angleterre pour en faire faire des épées.

29. *Analyse de deux météorites*; par M. Laugier. (Bulletin philomatique, 1823, p. 86.)

Les météorites tombés en Pologne, l'un à Zaborzica, le 30 mars 1818, l'autre à Lipna, le 30 juin, sont composés de

	Zaborzica.	Lipna.
Oxide de fer	0,4500	0,4000
Silice	0,4100	0,3400
Magnésie	0,1490	0,1700
Soufre	0,0400	0,0680
Alumine	0,0075	0,0100
Nickel	0,0100	0,0150
Chrôme	0,0075	0,0100
Chaux	0,0200	0,0050
Cuivre et manganèse	trace	trace.
	1,0940	1,0180

Le fer météorique trouvé à Brahin, en 1809, offre la plus grande conformité avec le fer météorique de Sibérie : il y en a deux variétés, l'une bleuâtre, l'autre blanchâtre; elles contiennent :

	Variété bleuâtre.	Variété blanchâtre.
Fer pur	0,8735	0,9150
Silice	0,0630	0,0300
Magnésie	0,0210	0,0200
Nickel	0,0250	0,0150
Chrôme	0,0050	trace.
Soufre	0,0185	0,0100
	1,0060	0,9900

30. *Sur une pierre de touche*; par M. Vauquelin. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 377.)

Cette pierre a les mêmes propriétés physiques, le même grain et la même couleur que les pierres de touche ordinaires (1). Traitée par l'acide muriatique, il s'en dégage beaucoup d'acide carbo-

(1) Voyez *Annales des Mines*, t. VIII, p. 296.

nique mêlé d'un peu de gaz hydrogène sulfuré. La dissolution contient du protoxide de fer et une petite quantité de chaux, de magnésie, de manganèse et d'alumine. Le résidu, qui pèse environ 0,60, est très-noir; il blanchit par le chlorate de potasse, et après ce traitement, il ne contient plus que de la silice et de l'alumine.

La pierre de touche entière, chauffée dans un tube de verre, produit d'abord un gaz qui rougit le papier bleu, puis du gaz ammoniac, qui rétablit la couleur du papier rougi, et elle exhale pendant toute l'opération une odeur très-sensible de bitume. La matière qui reste dans le tube répand, par le contact de l'acide muriatique, une odeur fétide de gaz hydrogène sulfuré (1).

31. *Analyse du sulfate naturel de fer et d'alumine* (2); par M. R. Phillips. (Ann. de Ch., t. XXIII, p. 322.)

Ce sel se rencontre dans les schistes argileux des mines de houille abandonnées de Hurlet et Camplie. Il se présente en fibres douces et délicates, incolores, ayant l'éclat soyeux et l'apparence de l'asbeste; il devient jaunâtre à l'air humide; il est très-soluble dans l'eau, et sa dissolution évaporée donne des cristaux de protosulfate de fer. Il est composé de :

Protoxide de fer.	0,207	Sulfate de fer.....	3 at.
Alumine.......	0,052	Sulfate d'alumine..	3 at.
Acide sulfurique.	0,309	Eau.............	25 at.
Eau...........	0,432		
	1,000		

(1) D'après les propriétés que M. Vauquelin a reconnues à cette pierre, il me paraît évident qu'elle appartient au fer carbonaté argilo-bitumineux, ou minerai de fer des houillères mêlé de pyrites. P. B.

(2) Voyez l'analyse d'un alun de plume. (*An. des Mines*, t. V, p. 259.)

32. *Analyse de l'uranite de Cornouailles*; par M. R. Phillips. (An. of. Philos., p. 57.)

On trouve ce minéral en cristaux jaunes, ou d'une belle couleur verte foncée. Leur forme primitive est un prisme carré droit.

Quelques expériences m'ayant fait soupçonner qu'il contenait de l'acide phosphorique, j'en ai fait l'analyse en procédant comme il suit :

100 grains ont été traités par l'acide nitrique faible; il est resté un demi-grain de silice. J'ai fait bouillir la dissolution nitrique avec un excès de potasse et filtré; et après avoir sursaturé la liqueur avec de l'acide acétique, j'y ai versé du nitrate de plomb. Il s'est formé un précipité de phosphate de plomb pesant 80 grains, qui représentent 16 grains d'acide phosphorique. Le précipité par la potasse se composait d'oxides d'urane et de cuivre; je l'ai redissous dans l'acide nitrique, et j'ai séparé ensuite les deux oxides l'un de l'autre par l'ammoniaque employée en excès. J'ai eu 60 grains d'oxide d'urane et 9 grains d'oxide de cuivre. La dissolution ammoniacale ne contenait pas la plus petite trace de chaux. En faisant la somme des substances trouvées par l'analyse, on trouve une perte de 14,5, qui représente l'eau de cristallisation. Lorsqu'on calcine ce minéral, il perd 0,17 de son poids; mais on reconnaît aisément que l'eau qui s'en dégage entraîne avec elle une quantité notable d'acide phosphorique.

M. Berzelius ayant annoncé que l'uranite vert est coloré par de l'arséniate de cuivre, j'y ai recherché avec soin l'acide arsénique, et j'ai reconnu qu'il n'y en avait qu'une trace. Effectivement, les cristaux chauffés au chalumeau sur le charbon ne

produisent pas de fumée, et ils ne donnent l'odeur d'arsenic que lorsqu'on les mêle avec du carbonate de soude; mais elle est très-faible. Si on précipite la dissolution nitrique du minéral par la potasse caustique bouillante, et si l'on verse peu-à-peu du nitrate d'argent dans la dissolution, on obtient un précipité, qui est d'un beau jaune jusqu'à la fin, tandis qu'il devrait être d'une couleur rouge foncée s'il contenait de l'acide arsénique.

D'après les données ci-dessus, et en supposant, d'après les expériences de M. Luwn, que le phosphate d'urane contient 3 atomes d'eau et le phosphate de cuivre 2 atomes, on trouve que l'uranite vert de Cornouailles est composé de:

Acide phosphorique.	0,153	Phosphate d'urane.	0,732
Oxide d'urane......	0,600	Phosph. de cuivre.	0,123
Oxide de cuivre.....	0,090		
Eau..............	0,138	Eau.............	0,145
Silice.............	0,005		
	0,986		1,000

Il est très-vraisemblable, d'après les résultats même de l'analyse de M. Berzelius, que l'uranite d'Autun est essentiellement composé de phosphate d'urale, et que ce n'est point, comme il l'a cru, une combinaison d'oxide d'urane et de chaux.

33. *Analyse de la mine d'urane d'Autun; par M.* Laugier. (Ann. de Ch., t. XXIV, p. 239.)

J'ai pris des lames très-pures de la mine d'urane d'Autun, et après les avoir pulvérisées, je les ai calcinées; elles ont perdu 0,19 à 0,21 d'eau. J'ai dissous à une légère chaleur le résidu de la calcination dans l'acide muriatique, et il est resté 0,05 de silice combinée avec de l'oxide de fer.

La dissolution filtrée a été sursaturée d'ammo-

niaque : il s'y est formé un précipité jaune pâle, et qui, après la calcination, pesait 0,70. J'ai chauffé ce précipité à la chaleur blanche avec 4 parties de carbonate de soude, et j'ai délayé la masse fondue dans l'eau : le résidu calciné était d'un jaune foncé, et pesait 0,55 : c'était de l'oxide d'urane pur, et dans lequel je n'ai pu trouver qu'une trace de chaux. La dissolution alcaline, saturée d'acide muriatique et mise en ébullition, ayant été saturée d'ammoniaque, a laissé déposer une petite quantité d'oxide d'urane; elle a donné ensuite avec l'eau de chaux 0,265 de phosphate de chaux pur, qui représentent 0,145 d'acide phosphorique.

La dissolution muriatique du minéral, précipitée par l'ammoniaque, et mêlée avec de l'oxalate d'ammoniaque, a fourni un précipité d'oxalate de chaux, représentant 0,040 de chaux.

Il suit de ces expériences que le minéral d'Autun est composé de :

Oxide d'urane......	0,5500
Acide phosphorique.	0,1450
Eau..............	0,2100
Chaux............	0,0460
Silice et fer........	0,0300
Manganèse et étain..	trace.
	0,9810

C'est donc un véritable phosphate d'urane, dans lequel je pense que la chaux est, pour la plus grande partie, à l'état de liberté (1).

Dans le cours de l'analyse, j'ai reconnu que le phosphate d'urane se dissout complétement dans le carbonate d'ammoniaque, et qu'il est préci-

(1) Il est bien difficile d'admettre que la chaux puisse exister à l'état de liberté dans le règne minéral. P. B.

pité de cette dissolution, sans décomposition, par la chaleur de l'ébullition.

34. *Sur le toutenague et le cuivre blanc de la Chine.* (Ann. de Ch., t. XXII, p. 441.)

M. Dick Lauder croit que le toutenague et le cuivre blanc sont deux substances différentes, et que l'analyse que M. Fife a faite (1) se rapporte au cuivre blanc.

Le cuivre blanc n'est employé que par les Chinois, l'exportation en est défendue. Le toutenague est, au contraire, un objet de commerce très-étendu avec l'Inde. Il est expédié de la Chine en pièces d'environ 8 à 9 pouces de long, 5 $\frac{1}{2}$ de large et $\frac{5}{8}$ d'épaisseur. Il est grisâtre et extrêmement fragile. Sa cassure ressemble à celle d'un fer de mauvaise qualité; le son en est sourd : les Indiens l'allient au cuivre pour faire le bronze nécessaire à leurs ustensiles de ménage.

35. *Analyse de la blende de Chéronies* (Charente); *par M.* Lecanu. (Journ. de pharm., t. IX, p. 457.)

Cette blende est d'un brun rouge avec un léger éclat métallique, lamelleuse, quelquefois translucide, mais le plus souvent opaque. Sa poussière est brune; elle m'a donné, par l'analyse :

Soufre.....	0,335	ou	soufre.....	0,362
Zinc......	0,510		zinc.......	0,552
Fer.......	0,079		fer........	0,086
Cuivre....	0,009			
Silice.....	0,046			1,000
Cadmium..	trace.			
	0,979			

Les trois métaux s'y trouvent à l'état de proto-

(1) *Ann. des Mines*, t. VIII, p. 344.

sulfure; et comme le sulfure de cuivre est entièrement accidentel, je crois qu'on peut regarder cette blende comme formée d'une combinaison de sulfure de zinc et de protosulfure de fer.

Le cadmium n'y existe qu'en très-petites quantités, et seulement dans quelques échantillons.

Note de M. Berthier.

M. Barruel, ayant annoncé que cette blende contenait plus de 20 pour 100 de cadmium, les exploitans m'en ont remis un grand nombre d'échantillons à diverses époques, à l'effet d'y rechercher ce métal; mais je n'ai pas été plus heureux que M. Lecanu, et je n'en ai jamais trouvé que des traces.

Quant au cuivre, il est mêlé mécaniquement dans la blende à l'état de cuivre pyriteux; ce minéral est même souvent en grains visibles à l'œil nu.

---

36. *Sur les blendes*; par M. P. Berthier.

Les analyses de blendes brunes, qui ont été faites au laboratoire de l'École des mines, prouvent que dans ces sortes de blendes le fer est à l'état de protosulfure, comme M. Lecanu l'a trouvé pour la blende de Chéronies; elles font voir en même temps que les deux sulfures s'y trouvent unis en proportions très-variables.

Les blendes brunes sont attaquables par l'acide muriatique concentré, avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré ; mais on ne peut, par ce moyen, les dissoudre en totalité. On remarque que la dissolution contient relativement plus de fer que la blende, et que le dégagement de gaz se ralentit à mesure que la proportion du sulfure de fer diminue dans le résidu. Il résulte de ces

phénomènes, ou que le protosulfure de fer n'est uni au sulfure de zinc que par une très-faible affinité, ou qu'il existe dans les blendes brunes un composé de sulfure de zinc et de sulfure de fer entièrement soluble dans l'acide muriatique. Voici le résultat de l'analyse de quatre blendes :

	Luchon (1).	Angleterre (2).	Cogolin (3).	L'Argentière.
Zinc	0,630	0,615	0,502	0,423
Fer	0,034	0,040	0,108	0,073
Soufre	0,336	0,330	0,302	0,259
Plomb				0,030
Gangue		0,015	0,068	0,214
	1,000	1,000	0,980	0,999
Sulfure de zinc	0,944	0,918	0,755	0,634
Sulfure de fer	0,054	0,064	0,172	0,116
Sulf. de plomb				0,034

(1) Blende de Luchon (Pyrénées), brune, opaque, en partie lamellaire, en partie compacte.

(2) Blende d'Angleterre, mamelonée et tuberculeuse, à cassure radiée, d'un gris foncé; le noyau des tubercules est ordinairement composé de grains de cuivre pyriteux.

(3) Blende de Cogolin (département du Var), lamelleuse, brune, mêlée de galène argentifère. La gangue est de la chaux fluatée.

(4) Blende de l'Argentière (département de l'Ardèche), écailleuse, brune, éclatante ; elle imprègne un grès quarzeux inférieur au calcaire à gryphite. Les morceaux sont souvent recouverts de sulfate de zinc en efflorescences blanches. La gangue se compose de 0,184 de quarz, etc., et de 0,03 d'oxide de fer.



ORDONNANCES DU ROI, CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LE PREMIER TRIMESTRE DE 1824.

ORDONNANCE du 7 janvier 1824, portant que le sieur Fontaine, *propriétaire de la forge de Montgaillard* (Ariége), *est autorisé à construire, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, près de ladite forge et sur le même cours d'eau, un martinet à deux feux et à deux marteaux pour ouvrer le fer, sous la condition de n'employer, dans cette usine, aucun autre combustible que de la houille.* Forge de Montgaillard.

ORDONNANCE du 7 janvier 1824, concernant un martinet à cuivre situé en la commune de Malaucène (Vaucluse). Martinet à cuivre de Malaucène.

LOUIS, etc., etc., etc;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

ART. Ier. Le sieur Jacquet est autorisé à conserver et tenir en activité le martinet à cuivre qu'il possède dans la commune de Malaucène, département de Vaucluse.

ART. II. La consistance de cette usine est déterminée conformément aux plans joints à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit; savoir, un foyer de fusion, avec un souf-

flet mis en jeu par une roue hydraulique; une chaufferie avec une trompe à un seul tuyau; enfin un marteau et un bocard à deux flèches, mus par une roue hydraulique.

Art. V. L'impétrant se conformera exactement aux usages locaux, qui lui interdisent la faculté de pouvoir se servir des eaux du ruisseau provenant de la source de Grosel, sur lequel son usine est établie, tous les samedis de chaque semaine, à partir de minuit jusqu'au lundi au soir à la même heure, et cela pendant toute la durée des mois de juin, juillet et août.

Nota. Les autres articles, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

L'article 6 du cahier des charges, annexé à la présente ordonnance, porte que l'impétrant s'engage à ne consommer, chaque année, qu'une quantité de 600 quintaux métriques de charbon de bois de pin, provenant des forêts voisines.

Forges d'Aisy.

Ordonnance du 7 janvier 1824, portant que les héritiers de la dame Jeanne-Marie Clermont de Montoison, *veuve du sieur* Aimable Charles, marquis de la Guiche, *propriétaires des usines à fer d'Aisy-sur-Rougemont* (Yonne), *sont autorisés à ajouter auxdites forges, conformément aux plans joints à la présente ordonnance: 1°. un feu de forge et un marteau, qui seront placés sous la halle où sont les deux feux déjà existans; 2°. une fenderie et un martinet, qui seront placés dans la cage du moulin de Saint-Pourçain, appartenant auxdits héritiers, et situé sur la rivière d'Armançon.*

Ordonnance du 7 janvier 1824, portant que les sieurs de Lancosmes *et la dame* de Sesmaisons *sont autorisés à convertir en une forge à deux feux et un marteau le moulin de Bauché, situé sur la rivière de Claise, commune de Vendœuvres* (Indre); *le tout conformément aux plans joints à l'appui de la demande.* Forge de Bauché.

Ordonnance du 22 janvier 1824, concernant deux patouillets, situés en la commune d'Etrochey (Côte-d'Or). Patouillet d'Etrochey.

Louis, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. Ier. Le sieur Poussy est autorisé à conserver et tenir en activité les deux patouillets qu'il possède sur la rivière de Seine, commune d'Etrochey, département de la Côte-d'Or, ainsi qu'ils sont marqués sur les plans joints à la présente ordonnance.

Art. II. L'impétrant ne pourra, dans aucun temps, sous aucun prétexte, rien changer à la hauteur actuelle du cours d'eau; cette hauteur sera constatée à l'aide des repères, et il en sera dressé procès-verbal par les ingénieurs des ponts et chaussées du département; deux expéditions de ce procès-verbal seront déposées aux archives de la préfecture et de la commune d'Etrochey; une troisième sera adressée à notre Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. III. Il sera tenu de creuser, en aval de ses deux patouillets, un bassin d'au moins cinq cents mètres de superficie, d'une forme très-allongée, et d'une profondeur d'au moins un mètre trente centimètres.

Toutes les eaux qui auront servi au lavage du minerai se rendront dans ce bassin, pour y déposer les matières terreuses provenant du lavage du minerai; et, dans aucun cas, elles ne pourront avoir leur écoulement vers le lit naturel de la rivière que par un déversoir de superficie, éta-

bli dans la partie basse dudit bassin, et à un mètre trente centimètres au-dessus du fond.

Art. IV. L'impétrant sera tenu au curage dudit bassin, toutes les fois qu'il sera à moitié plein, et pour en faire couler l'eau, on établira, à soixante centimètres au-dessus du fond, un tuyau de conduite, qui aura, au plus, trois pouces de diamètre, dont l'entrée sera fermée par une vanne, qui ne s'ouvrira que pour le curage du bassin, après avoir laissé préalablement déposer l'eau.

Art. V. Dans le cas où, malgré les précautions indiquées aux art. 3 et 4, les patouillets autorisés causeraient, par la suite, quelques inconvéniens pour la rivière de Seine, le permissionnaire sera tenu de les faire cesser, en augmentant l'étendue du bassin, ou en relevant le seuil du déversoir de décharge, ainsi qu'il sera jugé convenable, et sans avoir droit pour cela à aucune indemnité.

Art. VI. Les constructions relatives au cours d'eau seront établies sous la surveillance d'un ingénieur des ponts et chaussées du département, qui en dressera procès-verbal, pour être déposé aux archives de la préfecture de la Côte-d'Or et à celles de la commune d'Etrochey; il sera donné avis de ce dépôt à notre Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. VII. L'impétrant ou ses ayant cause ne pourront prétendre indemnité, chômage, ni dédommagement, si, à quelque époque que ce soit, l'administration, dans l'intérêt de la navigation, du commerce ou de l'industrie, juge convenable de faire des dispositions qui les privent, en tout ou en partie, des avantages résultant de la présente concession, et, dans ce cas, ils seront tenus de détruire, à la première réquisition, les ouvrages qu'ils auront exécutés en vertu de ladite concession.

Art. VIII. Le sieur Poussy sera responsable, envers qui de droit, des dommages et intérêts qui pourront être poursuivis, devant les tribunaux ordinaires, pour les dommages ou dégâts que pourraient occasionner aux propriétaires riverains, soit les eaux sortant du bassin de ses patouillets, soit celles qui entraîneraient les vases provenant du curage de ce bassin et accumulées autour de son usine.

Art. IX. Si l'impétrant venait à laver dans ses patouillets des minerais provenant de ses propriétés, ils ne pour-

ent être extraits que conformément aux dispositions des articles 57 et 58 de la loi du 21 avril 1810 sur les mines et usines.

Art. X. Il sera tenu de payer à titre de taxe fixe, et pour une fois seulement, conformément à l'art. 75 de la loi précitée, cinquante francs pour chacun des patouillets autorisés, en tout la somme de cent francs, qui sera versée à la caisse du receveur de l'arrondissement dans le mois de la présente ordonnance.

Art. XI. Il se conformera aux lois et réglemens existans ou à intervenir sur les usines, et aux instructions qui lui seront données par l'administration, en ce qui concerne l'exécution des réglemens de police relatifs aux usines et aux mines.

Art. XII. L'inexécution de tout ou partie des dispositions ci-dessus prescrites pourra donner lieu à la révocation de la présente permission, aux termes de l'article 77 de la loi du 21 avril 1810.

Art. XIII. Nos ministres secrétaires d'état aux départemens de l'intérieur et des finances sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des lois.

Ordonnance du 4 février 1824, portant autorisation d'établir une usine de fer à Raismes (Nord).

Usine à fer de Raismes.

Louis, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. Il est permis aux sieurs Renaux, Piolet et Leclercq Sezille, d'établir à Raismes, département du Nord, une usine à fer, consistant:

1°. En trois fours à réverbère pour l'affinage des minerais de fer, de la fonte et des mitrailles;

2°. En un gros marteau et sa chaufferie, avec deux équipages de cylindres à forger et à étirer le fer;

3°. En une fenderie et sa chaufferie;

4°. En un laminoir pour la tôle ;

5°. En une machine à vapeur d'une force proportionnée aux engins précédens.

Art. III. Les impétrans devront tenir leur usine en activité constante. Ils ne pourront la laisser chômer sans causes reconnues légitimes par l'administration.

La houille est le seul combustible qu'ils consommeront.

Art. VI. Ils n'entreprendront aucune extraction de minerai qu'en se conformant aux règles prescrites par les sections 1 et 2 du titre 7 de la loi du 21 avril 1810, relativement aux minières et aux autres dispositions de cette loi relatives aux mines.

Nota. Les autres articles, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

Usine à fer d'Orquevaux.

Ordonnance du 11 *février* 1824, *concernant une usine à fer établie en la commune d'Orquevaux* (Haute-Marne).

Louis, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur ;

Notre Conseil d'État entendu ;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. Ier. Le sieur Caroillon de Vandeul est autorisé à conserver et tenir en activité l'usine à fer qu'il a établie dans la commune d'Orquevaux, département de la Haute-Marne, à l'ouest et en aval de la digue dite Chaussée de la Mouillère, sur la rive droite du ruisseau de la Manoise et au nord d'une ancienne filerie abandonnée.

Art. II. Cette usine sera composée, conformément aux plans à l'appui de la demande, qui sont déjà annexés à notre ordonnance du 22 octobre 1823, d'un martinet avec son ordon, et d'une chaufferie destinée à convertir les gros fers en fers de petits échantillons.

Art. III. L'impétrant pourra consommer du bois comme combustible dans son usine ; il la tiendra en activité constante, et ne la laissera pas chômer sans cause légitime reconnue par l'administration.

Nota. Les articles suivans, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

Ordonnance du 11 *février* 1824, *concernant des usines à fer situées en la commune de Sainte-Colombe* (Côte-d'Or). Usines à fer de Sainte-Colombe.

Louis, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Vu les pétitions présentées au préfet de la Côte-d'Or, les 27 octobre 1820 et 20 avril 1822, par le maréchal duc de Raguse, à l'effet d'être autorisé :

1°. A transférer un haut-fourneau qu'il possède sur le territoire de Sainte-Colombe, sur une autre partie de ses propriétés, près le pont de ladite commune, sur la rivière de Seine, et à une distance peu considérable de l'endroit où il est actuellement établi;

2°. A supprimer deux forges qu'il possède sur la même rivière et sur le même territoire de Sainte-Colombe, et à leur substituer, à peu de distance, une usine composée de six fours à réverbère, marteaux et laminoirs, pour travailler le fer suivant le procédé du laminage;

Les plans, en triple expédition, représentant la situation et les détails de chacune des usines projetées, et la partie de la rivière de Seine sur laquelle elles doivent être établies;

Les certificats des maires de Dijon, Châtillon et Sainte-Colombe, constatant que chacune de ces demandes a été, lors de sa présentation, publiée et affichée dans sa commune, et qu'il n'est survenu aucune opposition à la première;

Le registre ouvert dans la commune de Châtillon, le 20 mai 1822, et fermé le 21 septembre suivant, constatant que les sieurs Cousturier, Morel de Villiers, la dame veuve Lebœuf, s'opposent aux nouvelles constructions d'usines sollicitées par le maréchal de Raguse;

Les oppositions formées particulièrement à cette demande, les 1er. août et 22 septembre 1822, par les sieurs

Morel de Villiers frères, et par le sieur Lorieux, tant en son nom qu'en celui de la dame comtesse de Buffon;

Les observations faites par le maréchal de Raguse, le 29 octobre 1822, en réponse à ces oppositions;

Les avis et rapports produits sur l'une et l'autre demande: 1°. par les maires de Châtillon et de Sainte-Colombe, les 22 mars 1821, 30 septembre et 7 octobre 1822; 2°. par le sous-préfet de l'arrondissement, le 2 novembre de la même année; 3°. par le conservateur des forêts, le 18 décembre 1822; 4°. par les ingénieurs ordinaire et en chef des ponts et chaussées, les 15, 26 septembre 1821, et 17 mai 1823; 5°. par l'ingénieur en chef des mines, les 2 février 1822 et 21 juillet 1823;

L'arrêté du préfet de la Côte-d'Or, du 28 juillet 1823;

L'opinion émise par l'administration des forêts, le 9 août 1823;

Les avis et délibérations des conseils généraux des ponts et chaussées et des mines, des 31 juillet 1822, 16 septembre et 17 décembre 1823, lesdits avis et délibérations approuvés par notre conseiller d'état directeur général des ponts et chaussées et des mines;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. Notre cousin le maréchal duc de Raguse est autorisé à transférer le haut-fourneau qu'il possède sur la rivière de Seine, commune de Sainte-Colombe, département de la Côte-d'Or, sur une autre localité de ladite commune de Sainte-Colombe, au point *x* du plan général du cours d'eau, annexé à la présente ordonnance.

Art. II. Il est également autorisé à remplacer les deux forges qu'il possède sur la même commune et la même rivière par une nouvelle usine, qui sera placée au point *q* du plan général du cours d'eau précité.

Art. III. Le haut-fourneau, placé au point *x* du plan du cours d'eau, sera construit conformément aux plans, coupe et élévation fournis par l'impétrant, lesquels demeureront également annexés à la présente ordonnance.

Art. IV. La consistance de la nouvelle usine à fabriquer le fer est et demeure fixée à six fours à réverbères avec les marteaux, cylindres et laminoirs nécessaires au travail.

Art. V. Ces usines devront être mises en activité dans le délai d'un an au plus tard, à dater de la notification de la présente ordonnance; elles seront en outre tenues en activité constante, et on ne pourra les laisser chômer sans cause reconnue légitime par l'administration.

Art. VI. Le duc de Raguse sera tenu : 1°. de détruire le glacis, situé au point *a* du plan du cours d'eau; 2°. d'ouvrir le canal de flottage et desséchement *c*, 1, 2, 3, 4, 5, 6, et construire en tête un vannage composé de deux vannes, de deux mètres d'ouverture chacune, au point *c*, tant pour servir de déchargeoir de fond au biez que pour le passage des bois qui flottent, lesquelles vannes auront leur sommet au niveau de deux glacis à établir et dont il sera parlé ci-après; 3°. d'établir les deux glacis aux points N P du plan : le premier, à exhausser sur une longueur de 34 mètres 60 centimètres; le deuxième, à édifier sur une longueur de 28 mètres 14 centimètres, observant de fixer le niveau de leur sommet à 6 mètres 79 centimètres en contre-haut du niveau du radier déjà établi sous la roue de la forge *q*, déduction faite d'une traverse de bois de charpente de 33 centimètres de hauteur, placée en aval dudit radier, ce qui l'exhausse par conséquent de cette même hauteur; 4°. d'ouvrir le sous-biez de forge *q*, en passant sur les points T, Z, etc., avec la faculté de le prolonger plus en aval de la rivière, si l'impétrant le juge convenable; 5°. de ne supprimer le lit de la rivière N U, si cela lui convient, qu'après avoir ouvert celui O S destiné à le remplacer; 6°. de remblayer le chemin de Sainte-Colombe, en observant des pentes commodes, de manière à le replacer à 30 centimètres en contre-haut du biez de la nouvelle usine; 7°. enfin, de faire planter, à ses frais, lors de la reconnaissance des travaux par l'ingénieur de l'arrondissement, un repère immuable en pierre de taille, scellé dans un massif de maçonnerie, près l'un des déversoirs de superficie, pour en constater en tout temps la hauteur.

Art. VII. Lorsque les constructions relatives à l'usine et au haut-fourneau seront terminées, il en sera dressé procès-verbal par l'ingénieur des mines du département; une expédition de ce procès-verbal sera déposée aux archives de la préfecture; une autre à la mairie de Sainte-

Colombe, et une troisième sera adressée à notre Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. VIII. Les constructions hydrauliques seront exécutées sous la surveillance des ingénieurs des ponts et chaussées, et lorsqu'elles seront terminées, il en sera dressé procès-verbal, pour être également déposé tant à la préfecture qu'à la mairie de Sainte-Colombe, et pour être adressé à notre Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. IX. Le duc de Raguse ne pourra, en aucun temps et sous aucun prétexte, faire à ses usines aucune augmentation, les transférer ailleurs ou en changer la nature, ni rien changer à la hauteur et aux dimensions des prises d'eau, vannes et déversoirs, sans en avoir obtenu l'autorisation du gouvernement, dans les formes prescrites par les lois et réglemens.

Art. X. Il ne pourra s'approvisionner de minerais que dans des exploitations légalement autorisées.

Art. XI. En exécution de l'article 75 de la loi du 21 avril 1810, l'impétrant paiera, à titre de taxe fixe, et pour une fois seulement, trois cents francs pour son haut-fourneau, et trois cents francs pour ses six fours à réverbères, en tout six cents francs. Cette somme sera versée entre les mains du receveur de l'arrondissement, dans le délai d'un mois, à partir de la notification de la présente ordonnance.

Art. XII. Conformément aux dispositions de l'art. 36 du décret du 18 novembre 1810, le duc de Raguse fournira au préfet du département, tous les ans, et à notre Directeur général des ponts et chaussées et des mines, toutes les fois qu'il en fera la demande, des états certifiés des matériaux employés, des produits fabriqués, et des ouvriers occupés dans ses usines.

Art. XIII. Il se conformera aux lois, ordonnances et réglemens existans ou à intervenir sur le fait des mines et usines, et sur l'exploitation des bois, ainsi qu'aux instructions qui lui seront données par l'administration sur ce qui concerne l'exécution des réglemens de police relatifs aux usines et à la sûreté des ouvriers.

Art. XIV. Le duc de Raguse ou ses ayant cause ne pourront prétendre indemnité, chômage ni dédommagement, si, à quelque époque que ce soit, l'administration,

dans l'intérêt de la navigation, du commerce ou de l'industrie, juge convenable de faire des dispositions qui les privent, en tout ou en partie, des avantages résultant de la présente permission, et, dans ce cas, ils seront tenus de détruire, à la première réquisition, les ouvrages qu'ils auront exécutés en vertu de ladite permission.

Art. XV. L'inexécution des conditions ci-dessus prescrites pourra donner lieu à poursuivre la révocation de la permission, conformément à l'article 77 de la loi du 21 avril 1810.

Art. XVI. Nos ministres secrétaires d'état aux départemens de l'intérieur et des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée par extrait au Bulletin des lois.

Ordonnance du 18 février 1824, portant autorisation de construire un haut-fourneau à Margut (Ardennes).

Haut-fourneau de Margut.

Louis, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. Ier. Le sieur Devillez Bodson est autorisé à construire un haut-fourneau sur le cours d'eau des moulins à blé qu'il possède à Margut, département des Ardennes, le tout conformément aux plans qu'il a fournis, et qui demeurent annexés à la présente ordonnance.

Art. IX. Il est et demeure expressément interdit à l'impétrant, sous peine de révocation de la présente permission, d'employer, dans son usine, d'autres charbons de bois que ceux qu'il achètera en pays étranger.

Art. X. Afin d'assurer l'exécution de la condition précédente, l'impétrant est assujetti à avoir constamment un compte ouvert, à dater du jour où sa permission lui sera délivrée, au bureau des douanes de Margut, ou à tout autre bureau qui pourrait lui être désigné, par suite de quelque mutation dans l'exercice de l'administration des douanes, pour tous les charbons qui arriveront dans son usine.

On ne pourra effectuer des déchargemens de cette matière qu'après avoir déposé au bureau des douanes expédition constatant son origine étrangère, et qu'en vertu d'un permis délivré après vérification. La vérification de l'origine des charbons en magasin sur l'usine sera faite par l'ingénieur des mines, à chaque tournée, et, en outre, toutes les fois que l'administration jugera convenable de la faire, soit par l'ingénieur, soit par tout autre agent.

ART. XI. L'impétrant ne consommera, dans son usine, que des minerais provenant d'exploitations légalement autorisées.

ART. XII. Il lui est formellement interdit de s'approvisionner de minerai aux minières de Saint-Pancré, département de la Moselle.

Nota. Les autres articles, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

Verrerie de Marchainville.

ORDONNANCE du 10 *mars* 1824, *portant que le sieur* Julienne aîné *est autorisé à remettre en activité, dans la commune de Marchainville* (Orne), *la verrerie à bouteilles qui y existait en* 1788, *et à y fabriquer, en outre, du cristal et du verre commun. Dans cette verrerie, qui sera composée d'un four de forme ovale, contenant dix pots ou creusets, l'impétrant pourra consommer jusqu'à la concurrence de trois mille deux cent quatre-vingt-huit à quatre mille cent dix stères de bois.*

Mines de graphite ou plombagine de Monestier.

ORDONNANCE du 10 *mars* 1824, *portant concession des mines de graphite ou plombagine, situées en la commune de Monestier* (Hautes-Alpes).

LOUIS, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art Ier. Il est fait concession aux sieurs Gonnet fils, Donzel fils et Chancel, des mines de graphite ou plombagine situées au Col du Chardonnet, commune de Monestier, département des Hautes-Alpes, sur une étendue superficielle de cent quarante-quatre hectares ou un million quatre cent quarante mille quatre cent trente-sept mètres carrés, limitée suivant le plan ci-joint, comme il suit ; savoir,

Au nord, par le rif du Celse, depuis sa source K jusqu'au point où il se jette dans le rif venant du Col de la Pousonnière au point B ;

A l'ouest, par une ligne droite partant du point B, allant aboutir au sommet de l'aiguille ;

Au sud, par une ligne droite, partant du sommet de l'aiguille jusqu'au point F, intersection entre la commune de Monestier et de Nevache ;

Enfin, à l'est, par la portion de la ligne de séparation des communes précitées, qui suit la crête des collines à l'est du rif de la Pousonnière jusqu'au point K, point de départ.

Art. II. Le cahier des charges consenti par les concessionnaires demeurera annexé à la présente ordonnance, comme condition essentielle de la concession.

Art. III. Les concessionnaires acquitteront annuellement, entre les mains du receveur des contributions de l'arrondissement, les redevances fixe et proportionnelle établies par la loi du 21 avril 1810 et le décret du 6 mai 1811.

Art. IV. Conformément aux articles 6, 42, 43 et 44 de la loi précitée, ils paieront à la commune de Monestier, propriétaire de la surface, une rétribution annuelle de 12 francs, à laquelle cette commune a elle-même fixé ses droits par sa délibération du 1er. février 1822.

Art. V. Nos ministres secrétaires d'état aux départemens de l'intérieur et des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée par extrait au Bulletin des lois.

Verrerie des Catalans.

Ordonnance du 10 *mars* 1824, *concernant une verrerie située au quartier des Catalans, territoire de Marseille* (Bouches-du-Rhône).

Louis, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre Ministre Secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. Ier. Le sieur Pons-Grimblot est autorisé à transférer au quartier des Catalans, territoire de Marseille, département des Bouches-du-Rhône, la verrerie de verre à vitres qu'il possède dans cette ville, rue des Vignerons, et que notre ordonnance du 20 novembre 1822 lui donnait la faculté de transporter au quartier de Montredon.

Art. II. Il supportera, sans indemnité, la démolition de son établissement, dans les cas prévus par la loi du 17 juillet 1819, et l'article 2 de notre ordonnance du 1er. août 1821.

Art. III. Cette verrerie sera composée de deux fours de fusion à huit pots chacun, de quatre fours à recuire et de quatre fours d'étendage.

Art. IV. S'il était démontré par la suite que les halles renfermant les fours ne fussent pas assez élevées pour empêcher la fumée de se rabattre sur les propriétés voisines, et qu'il en résultât un dommage réel pour les propriétaires, l'impétrant sera tenu d'élever lesdites halles et les bâtimens qui consommeront en grand des combustibles de la quantité qui sera déterminée par le préfet des Bouches-du-Rhône, sur l'avis des gens de l'art qu'il aura désignés à cet effet. Cet avis sera soumis à l'approbation de notre ministre secrétaire d'état de l'intérieur.

Art. V. Le sieur Pons-Grimblot ne pourra employer que de la houille dans les fours de fusion. Il est autorisé à consommer, dans les fours d'étendage, jusqu'à la concurrence de cent cinquante stères de bois par an.

Art. VI. Il ne pourra augmenter la consistance de cette usine, en changer la nature ni la transférer ailleurs, sans

en avoir obtenu la permission dans la forme voulue, sous peine d'encourir la suppression.

Art. VII. Il se conformera, au surplus, aux dispositions de la première ordonnance de permission, du 20 novembre 1822, ainsi qu'aux lois et réglemens intervenus et à intervenir sur le fait des verreries.

Art. VIII. Notre ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée par extrait au Bulletin des lois.

Ordonnance du 10 mars 1824, portant autorisation d'établir une fenderie à Mussy-sur-Seine (Aube).

Fenderie de Mussy-sur-Seine.

Louis, etc., etc., etc.;

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur;

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. Le sieur Degrond-Cornillac est autorisé à établir à Mussy-sur-Seine, département de l'Aube, et sur l'emplacement désigné C, I, H, G, au plan général de situation joint à la présente ordonnance, une fenderie destinée à aplatir les barres de fer et à les réduire en verges.

Art. II. Cette usine sera composée, conformément au plan de détails également joint à la présente ordonnance, de deux roues hydrauliques, d'un four à réverbère, d'une paire de cylindres et d'une paire de découpoirs.

Art. X. L'impétrant ne pourra consommer dans son usine que de la houille.

Nota. Les autres articles, que nous n'insérons pas, ont pour objet des mesures générales.

Patouillet de Sarcicourt.

ORDONNANCE *du* 17 *mars* 1824, *portant que le sieur* Jean-Marie Harlé *est autorisé à rétablir et remettre en activité, à côté du moulin qu'il possède sur le ruisseau de Sarcicourt, arrondissement de Chaumont* (Haute-Marne), *un patouillet pour le lavage du minerai de fer, et ce, conformément aux plans et profils du cours d'eau dressés par les ingénieurs des ponts et chaussées, et annexés à la présente ordonnance.*

Usines des d'Huys.

ORDONNANCE *du* 24 *mars* 1824, *portant que le sieur* Jean-Marie Harlé *est autorisé à conserver et tenir en activité le haut-fourneau, le patouillet et le moulin qu'il possède sur le cours du ruisseau des d'Huys, commune de Montherie* (Haute-Marne), *et dont la consistance est déterminée par les plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance, sous la condition que l'impétrant ne pourra employer dans son haut-fourneau que des minerais de fer provenant d'exploitations légales.*

Mines de houille de Cadière.

ORDONNANCE *du* 24 *mars* 1824, *portant concession des mines de houille de la Cadière* (Var).

LOUIS, etc., etc., etc ;

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'État au département de l'intérieur ;

Notre Conseil d'État entendu ;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

ART. Ier. Il est fait concession au comte de Castellane des mines de houille de la Cadière, département du Var, sur une étendue superficielle de 2 kilomètres carrés, 62 hectares 9812 mètres carrés, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance.

Cette concession est limitée ainsi qu'il suit :

1°. Au nord, par une ligne brisée partant de l'angle nord-est de la Bastide Jean-Ventre, passant par la Bastide Antoine de Cuge, puis par l'angle nord-est de la fabrique de tuile dite de Motain, et se terminant à l'angle nord-ouest de la Bastide Bremon ;

2°. A l'est, par une autre ligne brisée, partant de l'angle ci-dessus dénommé, passant par l'angle nord de la Bastide, dite Veirole, et aboutissant à l'angle est de l'habitation du Colombier ;

3°. Au sud, par une suite de lignes droites partant du point ci-dessus désigné, passant par l'angle est de Fonteniou, puis par l'angle ouest de la Bastide Rivin, et se terminant à l'angle rentrant sud-ouest de la Bastide Noret-Presbois ;

4°. Enfin, à l'ouest, par une seule ligne droite, partant du point dernier dénommé, et aboutissant à la Bastide Jean-Ventre, point de départ.

Art. II. Le concessionnaire se conformera aux dispositions du cahier des charges qu'il a souscrit le 18 novembre 1821, et qui demeurera annexé à la présente ordonnance, comme condition expresse de la concession.

Art. III. Il acquittera annuellement, entre les mains du receveur des contributions de l'arrondissement, les redevances fixe et proportionnelle établies par la loi du 21 avril 1810 et le décret du 6 mai 1811.

Art. IV. Conformément aux articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, il paiera aux propriétaires de la surface une rétribution annuelle de 5 centimes par hectare du terrain compris dans l'étendue de la concession.

Art. V. Il paiera, en outre, aux propriétaires de la surface les indemnités voulues par les articles 43 et 44 de la même loi, relativement aux dégâts et non-jouissance de terrain occasionnés par l'exploitation.

Art. VI. Nos ministres secrétaires d'état aux départemens de l'intérieur et des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée par extrait au Bulletin des lois.

Cahier des charges pour la concession des mines de houille de la Cadière.

Art. Ier. A la partie inférieure du versant méridional de la montagne de Pibarnon, le concessionnaire fera percer

une galerie d'écoulement, qui sera conduite perpendiculairement aux couches du terrain, et prolongée suffisamment pour traverser les quatre couches de houille déjà connues, ainsi que celles qui pourraient exister, vers le nord, dans le voisinage de celles-ci.

Le point de départ de cette galerie sera ultérieurement déterminé par le préfet du département, sur le rapport de l'ingénieur des mines. Sa pente, vers son embouchure, sera d'un quatre centième environ, sa hauteur de 2 mètres, et sa largeur d'un mètre 50 c. dans œuvre. Par-tout où elle ne traversera pas une roche solide, elle sera muraillée sur une épaisseur de 50 centimètres; enfin, elle sera garnie d'un plancher, de manière à ménager dans sa partie inférieure un aqueduc pour l'écoulement des eaux.

Art. II. A partir de la galerie d'écoulement, et de part et d'autre de cette galerie, il sera percé une galerie montante, sur une pente moyenne entre l'inclinaison de la couche et sa direction; cette galerie sera traversée par des galeries d'allongement, inclinées suffisamment pour servir à l'écoulement des eaux et au roulage : celles-ci seront recoupées, à angle droit, par des galeries menées en taille, en remontant, suivant l'inclinaison de la couche. La distance des galeries, leurs dimensions, celles des tailles, et par conséquent l'épaisseur des piliers, comme aussi les moyens de soutènement, seront réglés par le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines, d'après la puissance des couches et la solidité du toit; l'enlèvement des piliers, si toutefois il est jugé praticable, n'aura lieu qu'à partir de l'extrémité des travaux, en revenant vers la galerie d'écoulement.

On remblaiera successivement, autant que possible, les excavations, en employant pour cela les débris solides de l'exploitation; mais, dans tous les cas, le concessionnaire sera tenu de faire enlever soigneusement, au dehors de la mine, les matières pyriteuses ou autres, susceptibles de produire un incendie souterrain.

Art. III. Le concessionnaire ouvrira un puits vertical d'extraction qui devra couper la couche inférieure n°. 3, et en outre le plus grand nombre de celles n°s. 2, 1 et 4. Ce puits sera muraillé dans toute sa hauteur, et construit dans des dimensions propres à faciliter la descente des ouvriers par le moyen d'échelles droites.

Art. IV. Les orifices des puits ou excavations existans au jour, et qui seront jugés inutiles à l'exploitation, seront bouchés solidement, d'après le mode indiqué par l'ingénieur, à la diligence du maire de la commune de la Cadière.

Art. V. Le concessionnaire sera tenu de faire pratiquer et d'entretenir à ses frais une route servant à faire communiquer, par la voie la plus courte, le centre de son exploitation avec la route qui conduit de la Cadière à Bandoles.

Art. VI. Le concessionnaire fournira au préfet et au bureau de l'ingénieur des mines, chaque année, dans le courant de janvier, les plans et coupes des travaux exécutés dans le cours de l'année précédente; ces plans seront dressés sur une échelle d'un millimètre par mètre, et divisés en carreaux de 10 en 10 millimètres.

En cas d'inexécution de cette mesure, ou d'inexactitude reconnue des plans, ils seront levés d'office aux frais de l'exploitant.

Art. VII. Le concessionnaire tiendra constamment en bon ordre, sur son exploitation, les plans, contrôles et registres ordonnés par le décret du 3 janvier 1813, sur la police des mines. Il fournira à M. le préfet, tous les ans, et en outre à M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, chaque fois qu'il le demandera, l'état des ouvriers, celui des produits, et celui des matériaux employés par lui, ainsi qu'il est prescrit par l'art. 36 du décret du 18 novembre 1810.

Art. VIII. Il sera tenu d'exploiter de manière à ne pas compromettre la sûreté publique, celle des ouvriers, la conservation des mines, et les besoins des consommateurs. Il se conformera, en conséquence, et sur-tout si les circonstances nécessitent quelque changement au mode d'exploitation prescrit, aux instructions qui lui seront données par l'administration des mines et l'ingénieur du département, d'après les observations auxquelles la visite des lieux et la surveillance des mines pourront donner lieu.

Art. IX. Le concessionnaire paiera les redevances fixe et proportionnelle établies par la loi au profit de l'état; il acquittera également la redevance due aux propriétaires de la surface, telle qu'elle sera fixée par l'acte de conces-

sion, et en outre les indemnités qui pourraient résulter du fait de son exploitation, et qui sont spécifiées par l'article 43 et suivans de la loi du 21 avril 1810.

Il se conformera aux lois et réglemens rendus et à intervenir sur les mines.

ART. X. En exécution de l'article 14 de la loi du 21 avril 1810, le concessionnaire ne pourra confier la direction de ses ouvrages qu'à un individu qui justifiera des facultés nécessaires pour bien conduire les travaux.

Conformément à l'article 25 du réglement du 3 janvier 1813, il ne pourra employer, en qualité de maître mineur, ou chef particulier d'ateliers, que des individus qui auront été employés dans les mines, comme mineurs, boiseurs ou charpentiers, au moins trois années consécutives, ou des élèves de l'école royale des mineurs ayant achevé leurs cours d'études, et pourvus d'un brevet de M. le directeur général des mines.

ART. XI. Le concessionnaire ne pourra abandonner aucune partie de ses travaux sans en avoir prévenu le préfet, au moins trois mois à l'avance, pour l'exécution des dispositions des articles 8 et 9 du décret du 3 janvier 1813.

Si le concessionnaire voulait renoncer à sa concession, il devra en prévenir le préfet, par pétition régulière, au moins six mois à l'avance, pour qu'il puisse être pris les mesures convenables, soit pour sauver les droits des tiers, par la publication qui sera donnée à la pétition, soit pour la reconnaissance complète, la conservation, ou, s'il y a lieu, l'abandon définitif des travaux.

ART. XII. Il y aura lieu particulièrement à l'exercice de la surveillance de l'administration, en exécution des articles 47 à 50 de la loi du 21 avril 1810, et du titre 2 du réglement du 3 janvier 1813, si, en vertu du titre 7 de ladite loi, la propriété de la mine vient à être transmise, d'une manière quelconque, par le concessionnaire, soit à un autre individu, soit à une autre société. Ce cas échéant, le titulaire quelconque de la concession sera tenu de se conformer aux clauses et conditions prescrites par l'acte de concession.

NOTE

SUR LES MACHINES A VAPEUR,

Par M. COMBES, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Les machines à vapeur sont, sans contredit, les plus importantes de tous : elles remplacent, avec un avantage considérable, les chevaux employés à l'extraction de l'eau et du minerai dans les exploitations de mines ; elles offrent aux maîtres de forges un moteur d'autant plus précieux, qu'il peut être établi par-tout où l'on a une petite quantité d'eau et de combustible. On peut les employer aux transports, par bateaux et par terre, sur des chemins de fer. Quoique très-répandues en France depuis quelques années, leur usage est loin d'y être aussi commun qu'en Angleterre. On voit encore des hommes occupés au halage des bateaux sur le canal de Givors, dans la partie de la France la plus riche en combustible minéral. La plupart des machines établies sur les exploitations de houille du département de la Loire sont d'ailleurs très-imparfaites, et le bas prix de la houille est un obstacle à leur perfectionnement.

Ces considérations m'ont engagé à réunir dans cette note les observations les plus récentes, faites sur la vapeur en général, et à en faire l'application aux machines à feu. J'exposerai les motifs qui doivent faire préférer celles où la vapeur agit à une tension élevée, et je ferai voir le désavan-

tage qu'il y a à condenser la vapeur avant qu'elle ait développé, en se débandant, toute la puissance mécanique dont elle est susceptible.

§ I. — *Du maximum de quantité d'action que peut donner un poids donné de vapeur.*

Soient : θ la température de la vapeur dans la chaudière ;

P la pression correspondante (l'espace étant saturé) ;

θ' la température dans le condenseur ;

P' la pression correspondante ;

B la surface d'un piston, pressé, d'un côté, par la vapeur affluente de la chaudière, de l'autre par la vapeur existant dans le condenseur à la température θ' ;

L la longueur de la course du piston :

Si la vapeur arrive pendant toute la durée de la course, la puissance mécanique développée sera exprimée par

$$B(P - P')\,L. \quad (1).$$

Si P et P' sont les pressions de la vapeur, sur un centimètre carré de surface, exprimées en kilogrammes, on prendra pour unité linéaire le centimètre, et l'expression (1) représentera la puissance mécanique en kilogrammes élevés à un centimètre de hauteur. En divisant par 100, pour obtenir des unités dynamiques ordinaires, on aura

$$\frac{BL}{100}(P - P') \text{ kilo.} \times \text{m.} \quad (A).$$

BL est le volume de la vapeur dépensée.

En condensant la vapeur qui possède encore une tension représentée par P, on anéantit un moteur, qu'il eût été facile d'utiliser en laissant la vapeur se détendre jusqu'à ce que sa pression fût devenue égale à P′. Si nous admettons qu'on laisse la vapeur se détendre, et que pendant son expansion on l'entretienne à la température t, comme cela a lieu dans la machine de Woolf, l'expression de la quantité d'action développée changera.

Soient : x la pression variable de la vapeur;
z la distance du piston au fond du cylindre;
dz l'espace parcouru par le piston pendant un temps infiniment petit,

La quantité d'action développée par l'expansion de la vapeur sera égale à l'intégrale

$\int B(x - P')\,dz$, prise depuis $z = L$ jusqu'à la valeur de z, correspondant à $x = P'$.

D'après la loi de Mariotte, $x = P \times \frac{L}{z}$, et la valeur de z, qui est la limite supérieure de l'intégrale, est par conséquent égale à

$$\frac{P}{P'} \times L.$$

On a donc

$$\int B(x - P')\,dz \begin{Bmatrix} z = L \\ x = P' \end{Bmatrix} = \int B\left(\frac{PL}{z} - P'\right)dz \begin{Bmatrix} z = L \\ z = \frac{P}{P'} \times L. \end{Bmatrix}$$

$= BL \times P.\log.\frac{P}{P'} - BL(P - P')$ kilo. élevés à un centimètre.

Divisant cette expression par 100, et l'ajoutant

avec A, on a, pour le maximum de quantité d'action développé par la vapeur,

$$\frac{BL}{100}.\ P.\ \log.\frac{P}{P'}\ \text{kilo.} \times \text{m.}$$

Il faut se souvenir que le logarithme qui entre dans cette formule est hyperbolique, et que BL est le volume de la vapeur, en centimètres cubes, sous la pression P.

Il est essentiel de connaître le poids de cette vapeur, et il est facile de le calculer. Un litre de vapeur à 100 degrés, et sous la pression atmosphérique, pèse 0g,59 ; la densité des vapeurs n'est pas proportionnelle à leur force élastique: les expériences faites sur ce sujet montrent que l'on peut leur appliquer (qu'elles saturent ou non l'espace qui les renferment) la même équation qu'aux gaz permanens.

$$p = a\rho\,(1 + \delta\theta).\ (m)$$

a est un coefficient constant pour la même vapeur ; ρ est la densité, p la pression, θ la température de la vapeur. $\delta = 0{,}00375$, coefficient constant de la dilatation des gaz et des vapeurs, déterminé par les expériences de M. Gay-Lussac. On tire de l'équation précédente :

$$\rho = \frac{p}{a(1+\delta\theta)}.$$

Le coefficient a est facile à déterminer, il suffit de poser, dans l'équation (m), p= la pression atmosphérique, 1 kilog. par centimètre carré à-peu-près.

$$\rho = 0^{g},59 \text{ et } \theta = 100 :$$

on trouve ainsi

$$a = \frac{1}{0,59 \times 1,375} = \frac{1}{0,81125}.$$

Le poids d'un litre de vapeur, sous la pression P, est donc égal à

$$\frac{P \times 0,81125}{1 + 0,00375 . \theta} \text{ grammes.}$$

Il est utile de placer ici un tableau des forces élastiques de la vapeur d'eau correspondant aux diverses températures, et des poids d'un litre de vapeur sous chaque pression. Ce tableau est extrait du *Traité des Machines* de M. Hachette et de la *Mécanique industrielle* de M. Christian.

Température en degrés centigrades.	Pression sur un centimètre carré de surface en kilogrammes.		Poids du litre de vapeur en grammes.
		plus simplement	
10 deg.	0,01	0,01	....
20	0,02	0,02	....
30	0,04	0,04	....
40	0,07	0,07	....
100	1,03	1,00	0,59
110	1,44	1,40	0,80
120	1,94	2,00	1,12
130	2,65	2,60	1,42
140	3,78	3,80	2,02
150	4,93	5,00	2,60
160	6,46	6,50	3,30
170	8,06	8,00	3,96
215	35,00	35,00	15,72

Les nombres consignés dans le tableau précédent sont suffisamment exacts pour qu'on puisse les employer sans inconvénient grave dans la pratique.

§ II. — *Du minimum de combustible correspondant à une quantité d'action déterminée.*

Pour résoudre la question précédente, il serait nécessaire de connaître exactement la chaleur latente de la vapeur d'eau à toutes les pressions et à toutes les températures, ainsi que la quantité de chaleur développée par les divers combustibles ordinairement employés, tels que la houille, le bois, la tourbe. Les expériences manquent sur le premier point; mais on peut y remédier, en admettant, avec MM. Clément et Desormes, qu'un gramme de vapeur contient la même quantité de chaleur à toutes les pressions et à toutes les températures, pourvu que l'espace soit saturé : c'est ainsi qu'un gramme d'air, renfermé dans un vase dont les parois seraient imperméables au calorique, contiendrait la même quantité de chaleur sous toutes les pressions et à toutes les températures que l'on pourrait faire varier à l'infini, en changeant le volume du vase. Ce volume suffira pour calculer la quantité de chaleur, tant qu'on ne profitera pas de la force expansive de la vapeur; mais, dans ce dernier cas, la vapeur ne saturant plus l'espace qui la renferme, il est nécessaire de tenir compte de la chaleur qu'elle a absorbée en se dilatant.

M. Poisson, dans un mémoire inséré dans les *Annales de Chimie et de Physique* (août 1823),

s'est occupé de déterminer, par l'analyse, la quantité de chaleur au-dessus de o contenue dans un gramme d'air ou de vapeur d'eau.

Voici le résultat auquel il est parvenu :

Q désigne la quantité de chaleur au-dessus de o contenue dans un gramme de vapeur, sous la pression h et à la température θ;

γ est le calorique spécifique de la vapeur à la température de 100°, et sous la pression de $0^m,76$ de mercure;

k est le rapport du calorique spécifique de la vapeur à pression constante au calorique spécifique de la vapeur à volume constant;

C est la quantité de chaleur contenue dans un gramme de vapeur à 100°, et sous la pression de $0^m,76$ de mercure.

$$Q=C+\gamma\left\{(266,67+\theta)\left(\frac{0,76}{h}\right)^{\frac{k-1}{k}}-366,67.\right\}$$

L'équation précédente suppose : 1°. que le nombre k est invariable, pourvu qu'il ne s'ajoute ni ne se précipite de la vapeur; 2°. que le calorique spécifique de la vapeur à pression constante ne dépend point de la température. Le nombre k est évidemment plus grand que 1 : c'est un nombre fractionnaire, dont le numérateur est la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un gramme de vapeur, en lui laissant la faculté de se dilater sous une pression qui demeure la même. Son dénominateur est la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un

gramme de vapeur, en l'empêchant de se dilater.

Plusieurs physiciens se sont occupés de la détermination des nombres C et γ. En prenant pour unité de chaleur celle nécessaire pour élever d'un degré la température d'un gramme d'eau, les valeurs adoptées par M. Poisson sont :

$$C = 650 \,.\, \gamma = 0,847.$$

Quant au nombre k, il a été déterminé en admettant la vérité du principe de M. Clément. Dans cette hypothèse, on doit avoir $Q = C$ à toutes les pressions et à toutes les températures, pourvu que l'espace soit saturé.

Ainsi, en remplaçant θ par une température quelconque, et h par la pression correspondant à cette température, dans le cas de la saturation, on devra avoir

$$650 + 0,847 \left\{ (266,67 + \theta) \left(\frac{0,76}{h} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 366,67 \right\} = 650.$$

En substituant, dans le premier membre de cette équation, des valeurs très-différentes de θ avec les valeurs de h correspondantes, on trouve, en effet, des valeurs de k très-peu différentes les unes des autres ; ce qui prouve que le principe de M. Clément s'approche beaucoup de la vérité. En faisant $\theta = 50^d$ et $h = 0,088742$, la valeur de $\frac{k-1}{k}$ est égale à 0,0683 : d'où

$$k = 1,073.$$

$$Q = 650 + 0{,}847 \left\{ (266{,}67 + \theta) \left(\frac{1}{h}\right)^{, 683} - 366{,}67. \right\}$$

J'ai remplacé 0,76 par l'unité, parce que je représente la pression atmosphérique par un kilogramme.

Si cette équation était rigoureusement exacte, elle devrait fournir les valeurs des forces élastiques correspondantes à la saturation pour des températures données, en y faisant Q = 650. Les résultats obtenus de cette manière s'écartent trop de ceux de l'expérience pour qu'on puisse ne pas les supposer erronés.

D'après ce qui précède, il est aisé de calculer la quantité de chaleur dépensée dans chaque cas; il suffira de multiplier le poids de la vapeur en grammes par Q, Q étant égal à 650, toutes les fois qu'on ne profitera pas de la force expansive de la vapeur. Dans ce dernier cas, la valeur de Q sera plus grande : on l'obtiendra en remplaçant, dans la formule (B), *h* par la force élastique de la vapeur au moment où elle est condensée.

Dans tous les cas, la quantité de chaleur sera exprimée par $\pi \times Q$, et si nous admettons qu'un kilogramme de houille est capable d'échauffer d'un degré 7000 kilogrammes d'eau, la dépense de houille sera de

$$\frac{\pi \times Q}{7000} \text{ grammes.}$$

§ III. — *Application de ces principes aux machines à vapeur.*

Cette application ne présente plus aucune difficulté.

1°. Si la vapeur est condensée avant de s'être dilatée, la quantité d'action développée sera égale à

$$\frac{BL}{100} \times (P - P') \text{ kilo. m. (A.)}$$

Faisons BL égal à un litre ou 1000 centimètres cubes, (A) devient alors égal à

$$10\,(P - P')\text{ kilo.} \times \text{m.}$$

Si la température dans le condenseur est de 40°, on aura $P' = 0{,}07^{k.}$ à-peu-près.

Le poids de vapeur dépensé sera égal à

$$\frac{P \times 0{,}81125}{1 + 0{,}00375\,\theta} \text{ grammes,}$$

et la quantité de charbon à

$$\frac{P \times 0{,}81125}{1 + 0{,}00375 . \theta} \times \frac{650 - 40}{7000} = \frac{P \times 0{,}81125}{1 + 0{,}00375 . \theta} \times 0{,}087.$$

Le rapport de la quantité d'action développée au poids du combustible dépensé en grammes sera de

$$\frac{10\,(P - 0{,}07)\,(1 + 0{,}00365 . \theta)}{P \times 0{,}81125 \times 0{,}087} =$$

$$141{,}68\,\frac{(P - 0{,}07)\,(1 + 0{,}00375 . \theta)}{P} \ldots\ldots (E)$$

Cette expression (E) est celle de la quantité

d'action maximum développée par un gramme de houille (la vapeur étant condensée avant sa dilatation); elle peut se mettre sous la forme :

$$141,68\left(1-\frac{0,07}{P}\right)(1+0,00375\,\theta).$$

On voit donc qu'elle augmente avec θ et P; mais cette augmentation est très-peu rapide.

2°. Je passe au cas où la valeur n'est condensée qu'après son expansion. Je suppose qu'elle est entretenue à la température θ, et qu'elle se débande jusqu'à ce que sa force élastique soit égale à celle de la vapeur dans le condenseur ($0,07^{k}$. par cent. carré). En suivant la même marche que précédemment, on trouve, pour la quantité d'action développée par un gramme de houille,

$$\frac{10\times P\times \log.\frac{P}{0,07}(1+0,00375\,\theta)\times 7000}{1125\,.\,P\left\{610+0,847\left\{(266,67+\theta)\left(\frac{1}{0,07}\right)^{0,0683}-366,67\right\}\right.}\ (F).$$

On admet toujours que la tension dans le condenseur est de $0,07^{k}$. En effectuant les calculs autant que possible, il vient :

$$85286,59\times\frac{\log.\frac{P}{0,07}(1+0,0375\,\theta)}{570,2845623+1,01569\times\theta}\ (F).$$

Il est bon de remarquer que l'expression (F) peut se mettre sous la forme

$$\frac{00}{1125}\times\frac{\log.\frac{P}{0,07}}{0,847\times\left(\frac{1}{0,07}\right)^{0,0683}\times 266,67+\frac{610-366,67\times 0,847}{1+0,00375\,\theta}},$$

fraction dont le numérateur croît avec P, tandis que le dénominateur décroît lorsque θ augmente. Il y a donc avantage à employer la vapeur à des pressions plus élevées, et cet avantage est beaucoup plus grand que lorsqu'on ne profite pas de la force expansive de la vapeur.

J'ai calculé les valeurs de (E) et (F) pour les valeurs de P, consignées dans le tableau placé dans le paragraphe premier : en les multipliant par 100, on obtient les quantités d'action développées par 1000 grammes ou un kilogramme de charbon. Voici le tableau des résultats que j'ai obtenus ; la température du condenseur est de 40°.

Température en degrés centigrad.	Pression en kilo. sur un centimèt. carré.	Effet produit par un kilogramme de houille. La vapeur n'agit pas par la force expansive.	Effet produit par un kilogramme de houille, la vapeur étant condensée après son expansion totale.
100 d.	1 k.	181180 kilo. × m.	469600 kilo. × m.
110	1,4	191523......	535350
120	2	198071......	605980
130	2,6	204792......	660640
140	3,8	212245......	737690
150	5	217949......	796400
160	6,5	223964......	853650
170	8	230175......	895490
215	35	255403......	1070120

La figure A (*Pl.* IV) fera mieux saisir l'ensemble des résultats précédens.

Les abscisses sont proportionnelles aux forces élastiques, et les ordonnées aux quantités d'action développées par un kilogramme de houille. Il y a deux courbes, dont l'une se rapporte au cas où la vapeur n'agit pas par expansion.

On voit qu'il y a un grand avantage à profiter de la force expansive de la vapeur. Cela tient à ce que le nombre k, exprimant le rapport de la chaleur spécifique de la vapeur à pression constante à sa chaleur spécifique à volume constant, est presque égal à l'unité (1,073); on ne peut cependant pas le supposer tout-à-fait égal à 1, comme nous l'avons vu.

Le même nombre k, pour l'air, est égal à 1,3750, d'après les expériences de M. Gay-Lussac, cité par M. Poisson dans son mémoire. Il faudrait donc plus de chaleur pour entretenir un poids d'air à une température constante, pendant qu'il se dilate, que pour produire le même effet sur un poids égal de vapeur d'eau.

Si on n'utilise pas la force expansive de la vapeur, il n'y a presque point d'avantage, théoriquement, à l'employer à une pression élevée. L'économie de combustible qu'on paraît obtenir dans la pratique tient évidemment à des différences dans la construction, et probablement elle est due, en très-grande partie, aux moindres dimensions de la chaudière.

§ IV. — *Exposé de quelques résultats obtenus par diverses machines à vapeur.*

A Valenciennes, on se sert, pour l'extraction de la houille, de machines à vapeur de la force moyenne de dix chevaux : le plus grand nombre

sont des machines d'Edwards (système de Woolf). Le volume du grand cylindre est quatre fois celui du petit, et la tension de la vapeur dans la chaudière est de 3 à 4 atmosphères. Il existe cependant encore, sur plusieurs points, d'anciennes machines à basse pression de Perrier. Les résultats suivans feront connaître l'avantage des premières sur les secondes ; ils m'ont été fournis, à Valenciennes, avec une extrême complaisance.

Fosse Lacave. (Machine de Woolf).

64090 hectolitres de houille ont été élevés en 1504 heures, de 150 mètres de profondeur.

On a consommé 430 hectolitres de houille de mauvaise qualité.

Le rapport de l'effet produit au combustible dépensé est égal à

$$\frac{64090 \times 150}{430} = 22357.$$

Fosse Bleussborne. (Machine de Woolf.)

52950 hectolitres ont été élevés, en 1131 heures, de 181 mètres de profondeur.

On a dépensé 396 hectolitres de houille, mauvaise qualité, comme à Lacave.

Rapport de l'effet à la dépense :

$$\frac{52950 \times 181}{396} = 24202.$$

Fosse l'Écluse. (Machine de Woolf).

66810 hectolitres ont été élevés, en 1752 heures, de 280 mètres de profondeur.

Dépense : 579 hectolitres de houille mêlée, bonne et mauvaise qualité.

Rapport de l'effet à la dépense :

$$\frac{66810 \times 280}{579} = 32309.$$

Fosse de Chaufour. (Machine de Woolf.)

40940 hectolitres ont été élevés, en 1492 heures, de 365 mètres de profondeur.

Dépense : 469 hectolitres, même qualité qu'à l'Écluse.

Rapport :

$$\frac{40940 \times 365}{469} = 31862.$$

Fosse Saint-Pierre. (Machine de Woolf.)

68660 hectolitres ont été élevés, en 2014 heures, de 260 mètres de profondeur.

Dépense : 814 hectolitres (mauvaise qualité).

Rapport :

$$\frac{68660 \times 260}{814} = 21955.$$

Fosse Saint-Joseph Midi. (Machine de Perrier.)

48175 hectolitres ont été élevés, en 1817 heures, de 285 mètres de profondeur.

Dépense : 2090 hectolitres de houille, même qualité qu'à l'Écluse.

Rapport :

$$\frac{48175 \times 285}{2,090} = 6650.$$

Fosse Saint-Charles. (Machine de Perrier.)

8760 hectolitres ont été élevés, en 304 heures, de 187 mètres de profondeur.

Dépense : 294 hectolitres (qualité).

Rapport :

$$\frac{8760 \times 187}{294} = 5572.$$

On voit que les rapports qui se rapportent à des machines du même genre et à la même qualité de houille sont assez peu différens les uns des autres : de plus, la machine de Saint-Joseph Midi, comparée aux machines de l'Ecluse et du Chaufour, qui consomment du combustible de même qualité, dépense entre quatre et cinq fois autant pour produire le même effet utile.

Je ne comparerai pas les résultats précédemment exposés à ceux que l'on pourrait déduire de la théorie ; car le déchet est plus grand pour les machines d'extraction que pour toutes les autres, à cause de la mauvaise qualité du combustible employé, du changement fréquent dans le sens du mouvement de rotation de la machine, etc. Je dois cependant observer que les machines à haute pression et à expansion sont en bien meilleur état que les machines de Perrier; ce qui contribue peut-être pour beaucoup au grand avantage qu'elles ont sur ces dernières.

On n'a point encore donné de description détaillée de la machine à très-haute pression de M. Perkins ; toutefois, il paraît que, dans cette machine, la vapeur, ou plutôt l'eau qui sort de la chaudière, est lancée par bouffées : de sorte que

la communication avec le cylindre ne demeure ouverte que pendant une petite partie de la course du piston. En appliquant à cette machine les mêmes principes qu'aux autres, la théorie n'indique point qu'elle ait un grand avantage sur une machine bien construite, dans laquelle la vapeur serait employée d'abord sous une pression de 8 atmosphères, et où on la laisserait se détendre jusqu'à la pression existant dans le condenseur; mais si on la compare à une machine ordinaire de Watt, agissant à basse pression et sans expansion, on trouve, pour les effets produits par le même poids de combustible, 1070120 pour la machine de Perkins, et 181180 pour la machine de Watt; le rapport est celui de 6 à 1 à-peu-près. Le petit volume des diverses parties de la machine de Perkins, et sur-tout de la chaudière, permet de croire que l'économie de combustible peut être des $\frac{2}{10}$, comme on l'a annoncé. Au reste, les propriétés de la vapeur, sous la pression de 35 atmosphères, sont encore trop peu connues pour qu'on puisse appliquer avec certitude le calcul à une machine de ce genre.

Il résulte de ce qui précède que le perfectionnement le plus important à apporter aux machines à feu serait de les disposer de telle sorte que l'on pût profiter de toute la force expansive de la vapeur, et pour cela il suffirait de modifier très-peu la construction des machines à double cylindre. Je prendrai pour exemple une machine de la force de dix chevaux, et je supposerai que l'on veut employer la vapeur à une tension de 8 atmosphères, en la laissant se détendre Conclusion.

jusqu'à la force élastique du condenseur, qui sera de 0,07k. à 40° de température. Dans cette hypothèse, le maximum de quantité d'action développé par un kilogramme de charbon est égal à 895490 kilo. × m. Il faut avoir égard d'abord au déchet qui aura lieu dans la pratique. M. Navier, dans un mémoire inséré dans les *Annales de Chimie et de Physique*, tome 17, p. 369, estime que le combustible ne transmet à l'eau de la chaudière que les deux tiers de la chaleur qu'il développe en brûlant, et que la quantité d'action employée à vaincre les frottemens des pistons, ou absorbée par les autres causes de déchet, est les 0,38 de la quantité d'action totale de la vapeur. En admettant ces résultats, il faudra prendre les deux tiers de 895490, et ensuite les 0,62 du résultat : on trouve ainsi, pour la quantité d'action transmise par un kilogramme de charbon, 370136 kilo. × m.

La vapeur étant formée à une tension de 8 atmosphères, et devant se détendre jusqu'à ce que sa force élastique soit réduite à sept centièmes d'atmosphère, son volume, au moment où elle est condensée, doit être, à son volume primitif, dans le rapport de 800 à 7, ou de 114 à 1. Si on laissait le petit cylindre se remplir complétement de vapeur à 8 atmosphères, les dimensions du grand cylindre deviendraient trop considérables ; il vaut donc mieux ne laisser entrer la vapeur que pendant la dixième partie de la course du piston dans le petit cylindre : pendant les neuf autres dixièmes, la chaudière ne fournira point de nouvelle vapeur. La force élastique de la vapeur, au moment où elle com-

mencera à passer d'un cylindre à l'autre, ne sera plus alors que de huit dixièmes d'atmosphère, et les capacités des deux cylindres seront entre elles dans le rapport de huit dixièmes à sept centièmes, ou de 11,4 à 1 : le diamètre du grand piston sera donc égal à 3,3 fois celui du petit. Voyons maintenant quelles dimensions il faut donner au petit cylindre pour que la force de la machine soit de dix chevaux. Je prends pour force de cheval 250000 kilo. $\times$ m. en une heure, ou 694,44 kilo. $\times$ m. par seconde.

Je détermine d'abord le volume de vapeur qu'il faudra dépenser par seconde. Le litre de vapeur pèse 3,96, et développe une quantité d'action théoriquement égale à

$$10 \times 8 \times \log.\frac{8}{0,07} \text{ kilo.} \times \text{m.} = 379,096 \text{ kil.} \times \text{m.}$$

Prenant les 0,62 pour avoir égard au déchet mentionné plus haut, on a pour résultat

$$235,040 \text{ kilo.} \times \text{m.}$$

pour la quantité d'action développée par un litre de vapeur. On devra donc dépenser par seconde,

$$\frac{694,44}{235,040} = 3 \text{ litres de vapeur à-peu-près.}$$

Je prends de préférence un nombre plus fort.

Si l'on veut que le piston fasse une demi-oscillation par seconde, la capacité du petit cylindre devra être égale à dix fois 3 litres, ou 30 décimètres cubes. On déterminera le diamètre du piston d'après la longueur de sa course. Si

30.

elle est d'un mètre, le diamètre sera déterminé par l'équation

$$\frac{22}{7}\,\frac{d^2}{4} \times 100 = 30000:$$

d'où $d = 20$ centimètres à-peu-près.

Le diamètre du grand piston sera de 66 centimètres ; à chaque oscillation du piston, la dépense sera de 6 litres de vapeur, ou de

$$6 \times 3^g,96 = 23^g,76 \text{ d'eau.}$$

Ainsi, la pompe alimentaire devra fouler dans la chaudière 24 centimètres cubes d'eau à-peu-près.

Je pense qu'il y aurait un très-grand avantage à ne laisser qu'une petite portion de la chaudière remplie de vapeur. Il serait bien suffisant que le volume de vapeur fût de 30 litres, ou égal à celui du petit cylindre : c'est cinq fois ce qu'on dépense par oscillation du piston. Le volume d'eau contenu dans la chaudière pourrait être égal à deux fois le volume du petit cylindre; ce qui porterait la capacité totale de la chaudière à 90 litres.

Cette chaudière, beaucoup plus petite que celles que l'on construit ordinairement, pourrait avoir la forme cylindrique, et je crois qu'il faudrait établir ce cylindre dans une situation verticale. Il recevrait directement sur son fond la flamme du foyer, qui circulerait encore autour de lui, avant de s'échapper par la cheminée. Cette disposition économiserait probablement le combustible, parce qu'il n'y aurait qu'une très-petite portion de la chaudière qui ne fût

pas léchée par la flamme. Le désavantage qu'offrent les grandes chaudières des machines ordinaires tient probablement à ce grand magasin de vapeur qui existe à la partie supérieure, et autour duquel on ne peut faire circuler la flamme sans que la chaudière ne soit détruite promptement.

Quant à l'introduction de la vapeur pendant un dixième seulement de la course du piston, elle n'offrirait aucune difficulté, et s'obtiendrait par une modification très-simple de la boîte à vapeur des machines de M. Edwards. La vapeur arrive dans cette boîte par un robinet percé de deux trous à angles droits, qui demeure toujours dans la même position. On remplacerait ce robinet par un tiroir circulaire, percé de deux trous situés aux extrémités du même diamètre : chacun de ces trous occuperait la dixième partie de la circonférence. On donnerait au tiroir un mouvement circulaire continu, de telle sorte qu'il fit un tour entier pour chaque oscillation du piston : l'un des trous couvrirait le conduit par lequel la vapeur entre dans la boîte pendant la dixième partie de la descente, et l'autre pendant la dixième partie de la montée du piston. Pendant tout le reste du temps, le tiroir empêcherait l'entrée de la vapeur.

Il est probable que cette machine produirait 370236 kilo. $\times$ m. de quantité d'action par kilogramme de charbon dépensé. En supposant l'effet journalier d'un cheval égal à

$$1500000 \text{ kilo.} \times \text{m.},$$

chaque cheval serait remplacé par 4,08 kilo-

grammes de charbon, qui valent à-peu-près 4 centimes dans les départemens où l'on exploite de la houille. La dépense serait moindre aux environs de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier.

La dépense d'eau froide pour l'injection dépendrait de sa température ; elle est facile à calculer, puisque l'on connaît la quantité de chaleur contenue dans la vapeur au moment de la condensation.

N. B. Les meilleures machines de la force moyenne de dix chevaux ne fournissent guère que 115600 kilo. $\times$ m. de quantité d'action par kilogramme de charbon dépensé. Ce nombre n'est pas le tiers de 370236 kilo. $\times$ m., qu'on peut espérer de la machine dans laquelle on profiterait de toute la force expansive de la vapeur.

SUITE DU MÉMOIRE

SUR

LES MINES D'ÉTAIN DE SAXE ;

PAR M. MANÈS, Ingénieur au Corps royal des Mines (1).

MINE D'ÉTAIN DE ZINNWALD.

LE mont Zinnwald, de forme allongée, dans la direction de l'est à l'ouest, est séparé, comme nous l'avons déjà dit, de la contrée d'Altenberg par le ruisseau de Geyssing. Il a une pente assez rapide du côté ouest, plus douce du côté nord, et plus douce encore vers le sud, ou du côté de la Bohême. Il est assez nu, impropre à la culture, et couvert seulement de quelques misérables pins : du reste, un grand nombre de haldes le recouvrent de tous côtés, et sont des marques certaines de la grande quantité d'étain qu'on en a retirée autrefois. Ce mont, qui n'est éloigné d'Altenberg que d'une demi-lieue, et qui n'en est séparé par aucune grande vallée, offre cependant une nature de roches toutes différentes. *Aspect physique.*

Les roches qu'on y trouve sont le granite, le greisen et le quarz, qui forment des couches alternant entre elles dans un ordre assez régulier. *Constitution géologique.*

Le granite est à grains fins, formé de feld-

(1) Voyez, tome VIII de ce recueil, le commencement de ce Mémoire.

spath blanc, de quarz cristallin blanc grisâtre et de mica blanc d'argent; mais il se trouve rarement dans son état primitif d'agrégation, et seulement loin des couches stannifères: le plus souvent il est très-altéré; son feldspath est changé en kaolin, et son mica en talc. Il forme des couches de 3 à 10 toises de puissance, et ne contient d'ailleurs aucune trace de minerai d'étain.

Le *greisen*, ou hyalomicte, est formé de quarz cristallin blanc de neige et blanc grisâtre, et de mica blanc argentin, en lamelles assez grandes; il a un aspect granitique très-différent de celui qui se trouve dans le porphyre d'Altenberg, forme des couches d'une à 10 toises de puissance, et contient du minerai d'étain en assez grande quantité pour être exploïté.

Le quarz est blanc grisâtre, cristallin, de cassure conchoïde et aspect gras; il forme des couches d'un à 2 pieds d'épaisseur, et est mélangé de mica en grandes lamelles, de wolfram cristallisé, et d'étain en tout petits cristaux.

Les trois roches, granite, greisen et quarz, sont disposées en couches alternatives, qui s'inclinent de 15 à 20° sous toutes les directions, suivant les parties de la montagne qu'elles constituent uniquement, et dont elles suivent les pentes.

Les couches de granite alternent avec celles de greisen, qui comprennent toujours entre elles celles de quarz. Les couches de granite n'offrent d'autre variation que dans le plus ou moins d'altération de la roche; celles de greisen offrent, au contraire, des changemens remarquables. D'un côté, elles se lient avec celles de quarz par une augmentation de teneur en mica et de grosseur de grains; de l'autre, elles passent au gra-

nite par une diminution insensible de grains et de teneur en mica : elles sont d'ailleurs stannifères, d'autant plus riches qu'elles sont plus près des couches de quarz, et d'autant plus puissantes qu'on s'enfonce davantage ; elles contiennent, en outre, dans la profondeur, des masses de granite et de quarz, qui prouvent que toutes ces roches sont de même âge.

Les couches de quarz offrent toujours, à leur toit et leur mur, deux lisières de mica en grandes lamelles, par lesquelles elles se lient au greisen, et dans lesquelles on trouve souvent de gros cristaux de wolfram. Du reste, la couche par elle-même se compose :

1°. De quarz compacte et cristallin ;

2°. De quarz cristallisé, lié, d'une part, au quarz compacte, et, de l'autre, terminé en pointement à six faces ; souvent on trouve, sur les deux sallebandes de la couche, de semblables cristaux, opposés les uns aux autres, comme on l'observe dans les filons;

3°. De cristaux de quarz très-aplatis, accumulés sans ordre les uns sur les autres, et formant des masses qui ont toute l'apparence d'un conglomérat; ces derniers sont souvent recouverts de petits cristaux octaèdres de scheelin calcaire.

Outre le quarz, la couche contient encore:

1°. De grandes lamelles de mica;

2°. De la chaux fluatée cristallisée, cubique, jaunâtre ;

3°. De la baryte sulfatée en cristaux à quatre faces, terminées par un biseau ;

4°. Du scheelin calcaire, en petits cristaux octaèdres, formant des pellicules qui recouvrent sur-tout les morceaux de quarz bréchiformes ;

5°. Du wolfram cristallisé, engagé soit dans le quarz, soit dans le mica des lisières;

6°. Enfin, de l'étain oxidé en tout petits cristaux, qui sont engagés dans le quarz compacte.

Les couches de quarz stannifères sont traversées par deux sortes de filons très-remarquables. Les uns, *stehende klüfte*, dirigés sur l'heure 3, sont puissans d'un à 5 pouces, inclinés de 50 à 60° : ils sont remplis de *steinmarck* ou argile lithomarge, et contiennent un peu de *zwitter*, minerai d'étain invisible, et aussi du *kupferlasur*, ou cuivre carbonaté bleu, cristallisé comme celui de Chessy, de la galène cubique et de la pyrite de cuivre. Ces filons rejettent toujours les couches, et d'autant plus qu'ils sont plus inclinés et plus puissans; ils les abaissent ordinairement d'un huitième de toise à 2 toises, du côté de l'angle obtus.

Les autres filons, nommés *stenigen*, se dirigent sur l'heure 5; ils sont puissans d'un pied, inclinés de 70°, et composés de quarz blanc cristallin de même nature que celui des couches; on y trouve d'ailleurs du mica, de la chaux fluatée, et du minerai d'étain invisible. Enfin, ces filons diffèrent des premiers en ce qu'ils ne rejettent point, ou qu'insensiblement, les couches.

Le rapport de ces *stenigen* et des couches, et la disposition remarquable des cristaux de quarz dans ces dernières, ont fait douter qu'elles fussent de véritables couches: de là vient aussi que beaucoup de personnes les ont rangées au nombre des filons. Quelque fondées que soient ces raisons, nous ne pouvons nous former la même opinion, et la liaison intime des roches de quarz, de granite et de greisen, que nous avons fait

remarquer plus haut, nous porte à regarder ces dépôts de quarz stannifères comme de véritables couches déposées dans le même temps que les autres roches.

Un point qui nous a paru plus difficile à décider, c'est le rapport qui peut exister entre le terrain de Zinnwald et celui d'Altenberg, et quelque peine que nous ayons prise pour résoudre cette question intéressante, nous ne pouvons présenter que des conjectures.

Le gneiss qu'on remarque aux environs d'Altenberg, ayant une inclinaison générale vers le sud, ou dans la direction de Zinnwald, on a pensé que l'hyalomicte de ce dernier lieu pouvait lui être superposé; mais il serait possible aussi que cet hyalomicte, qui a tant d'affinité avec le granite, reposât sur une base de cette roche, et la proximité du granite de Schellerhau, qui montre également quelques parties de greisen, me fait pencher pour cette dernière opinion.

Des mines de Zinnwald.

Le mont Zinnwald est divisé en trois districts: l'un, situé du côté nord et ouest, appartient à la maison saxonne Bunau de Lauenstein; les deux autres, situés à l'est et au sud, appartiennent aux comtés bohémiens des maisons de Bilin et de Claris. Le premier de ces districts compte maintenant trente mines en exploitation, le second quarante, et le troisième cinquante-deux.

Tous ces districts sont asséchés par deux galeries d'écoulement, ayant leur embouchure du côté de Bunau. L'une, située au niveau de 20 toises, offrait une longueur de 900 toises; mais elle est aujourd'hui rompue en beaucoup de points : l'autre, située au niveau de 44 toises, fut commencée, il y a trois cents ans, par le comte de Bunau, qui se faisait payer le sep-

tième du produit des mines qu'elle asséchait, et retirait par là jusqu'à 1000 écus de bénéfice. Cette galerie coûtait, en 1736, pour une toise de long $\frac{1^{l.}}{4}$ large et $\frac{3^{l.}}{4}$ haut, 16 écus. Elle offre une longueur de 600 toises, et va se jeter dans la vallée de Zinnwald, d'où ses eaux vont alimenter les laveries voisines.

Un fort petit nombre de ces mines s'étendent au-dessous de la galerie d'écoulement la plus profonde, et dans ces parties l'eau est si peu abondante, qu'on n'a point eu besoin jusqu'ici de recourir aux moyens d'épuisement.

L'exploitation étant analogue non-seulement dans tous ces districts, mais encore dans les différentes mines d'un même district, nous ne décrirons ici que la mine de Reichentrost, du district de Bunau, et l'une des plus intéressantes.

De la mine de Reichentrost.

Cette mine occupe trente ouvriers, et donne annuellement 100 quintaux d'étain : on y descend par un puits, qui sert à-la-fois pour l'extraction; il est divisé en deux compartimens. Celui pour les échelles a 3 pieds de longueur sur 3 pieds de largeur; les échelles, longues de 10 à 12 toises, sont verticales, et par cela même très-fatigantes. Le compartiment pour l'extraction a 6 pieds de longueur sur 3 pieds de largeur. Ce puits est d'ailleurs divisé en trois parties ou trois puits partiels distincts. Le premier, profond de 24 toises, va 4 toises plus bas que la première galerie; le second, de 20 toises, va jusqu'au sol de la seconde galerie d'écoulement, et le troisième, de 16 toises, va jusqu'au plus profond des travaux.

Sur cette profondeur de 60 toises, on a cinq couches de la nature que nous avons fait connaître plus haut, et qui se présentent avec les ro-

ches de granite et de greisen dans l'ordre suivant :

Dans le premier puits, on trouve, à partir du jour, 10 toises d'un granite altéré, puis 1 pied de greisen, qui repose sur la première couche de quarz stannifere, puissante de 12 pouces, puis encore 1 pied de greisen, et alors 3 toises de granite, 2 pieds de greisen, et la seconde couche, puissante de 9 pouces, et offrant, à son mur, 2 pieds de greisen. Plus bas, on traverse 9 toises de granite, 3 pieds de greisen, et on arrive à la troisième couche, puissante de 18 pouces, située à 24 toises du jour, par conséquent au sol du premier puits.

Dans le deuxième puits, on trouve 4 pieds de greisen, 5 toises et demie de granite, 6 pieds de greisen, la quatrième couche, puissante de 10 pouces, 4 toises de greisen, 5 toises de granite et 6 toises de greisen.

Enfin, le troisième puits a traversé 2 toises de greisen, la cinquième couche, qui ne paraît que comme une veine peu étendue, puis 14 toises de greisen.

Les couches plongent ici, vers l'est, avec une inclinaison de 18 degrés; elles sont traversées d'un grand nombre de ces filons *stenigen* et *stehende klüfte*. Le greisen qui le comprend est stannifère sur 6 à 8 pouces ; celui du troisième puits offre d'ailleurs des masses de quarz, et des veines de granite moins altéré.

De l'exploitation.

L'exploitation se divise en deux : 1°. exploitation des couches, 2°. exploitation des masses de greisen. La première se fait par étages et par gradins horizontaux, à la manière des couches de houille; la deuxième, par grandes chambres, à la manière du Stockwerk d'Altenberg.

1°. *Exploitation des couches*. Du puits on

mène, dans chaque couche, des galeries d'allongement, suivant la direction; on divise ainsi l'espace traversé en autant d'étages qu'il y a de couches; on enlève ensuite le greisen stannifère et la couche d'un étage, de la manière suivante : on mène sur la ligne de direction des couches des gradins horizontaux d'une toise de largeur sur 2 à 3 toises de hauteur; on en établit ainsi dix à douze près les uns des autres; on les pousse, soit en montant, soit en descendant; on extrait à la poudre et à la pointerolle, en commençant par dégager le dessous; on sépare le *bon* de la roche, avec laquelle on remblaie au fur et à mesure : lorsqu'on arrive sur un point où le roc est très-fendillé, ou bien traversé d'un filon incliné qui pourrait causer l'affaissement du toit, on ménage un pilier dans le roc ferme.

Les ouvriers ne sont point là, comme ailleurs, divisés en deux ou trois bandes qui se remplacent; ils descendent à cinq heures du matin, travaillent jusqu'à dix heures, remontent au jour, et redescendent de midi à quatre heures. Le travail du matin se nomme *schicht*, poste; celui du soir *busse*. Ils reçoivent 4 gros par jour.

On a, en outre, des *leerhaüe*, ou apprentis mineurs, qui travaillent à prix fait, et reçoivent sept écus par toise de longueur et largeur sur une demi-toise de hauteur. Ils font cet ouvrage en quatre semaines; ils extraient ordinairement de là huit à dix voitures de minerai, donnant 2 à 3 quintaux d'étain.

2°. *Exploitation des masses.* Dans les parties massives de greisen, qui sont au-dessous de la profonde galerie d'écoulement, on exploite, par grandes chambres, de 3 à 5 toises de diamètre et autant de hauteur, qui sont séparées entre elles

par des piliers, et communiquent les unes aux autres par des escaliers creusés dans ces piliers; on les perce aussi à la poudre et à la pointerolle. D'une toise de long et de large sur une demi-toise de hauteur, on retire trente voitures de 15 quintaux de minerai. Un homme fait ce travail en quatre semaines : soixante voitures donnent ordinairement 3 quintaux d'étain fondu.

Dans l'une et l'autre méthode d'exploitation, on n'extrait le greisen qu'autant qu'il est assez riche pour supporter les frais : pour s'en assurer, on l'essaie, chaque jour, à la sébille, ainsi que nous l'avons décrit pour Altenberg.

Dans les couches, on trie le bon du mauvais, et on n'élève au jour que le bon. Dans les masses de greisen, on n'élève tout le greisen exploité. Le minerai des grandes chambres est d'abord élevé par le troisième puits jusqu'au niveau de la galerie d'écoulement, et de là conduit au puits d'extraction dans des brouettes : celui des couches est de même conduit aux puits, puis élevé dans des tonnes. Les brouettes tiennent un quintal et demi environ : des jeunes gens les roulent sur une longueur de 30 toises, font, par poste, vingt-cinq voyages, et reçoivent 3 gros.

L'extraction dans les trois puits a lieu, à l'aide de treuils à deux hommes, dans des tonnes du contenu d'un quintal et demi. Ce sont les mineurs mêmes qui font ce travail lorsqu'ils ont assez de minerai; ils extraient, sur une hauteur de 20 toises, 120 quintaux par poste, et reçoivent 4 gros, comme pour les autres travaux.

Les frais moyens d'extraction, de roulage intérieur et d'élévation au jour de soixante voitures de minerai, ou 900 quintaux, se montent ordinairement à vingt et un écus 12 gros.

De la préparation mécanique.

Le minerai étant rendu au jour, on met en tas, pour être conduit immédiatement aux laveries, le greisen ou minerai commun ; quant à celui qui provient des couches, comme il contient souvent encore beaucoup de wolfram, on met à part le plus impur, pour être soumis à une séparation préliminaire.

On casse ce minerai à la main, en morceaux de la grosseur d'une noisette ; puis on le passe sur un crible en fil de fer, dont les trous ont un demi-pouce carré. Ce qui traverse ce crible est un mélange de petites parties de minerai et de wolfram, qu'on ne peut plus séparer, et qu'on envoie ainsi au bocard ; ce qui reste sur le crible est étendu sur une table, et trié à la main, en plein air, dans les beaux jours d'été. Une voiture de minerai, soumise à cette préparation, occupe deux gamins pendant une demi-heure à trois quarts d'heure, et donne, selon le district d'où elle vient, d'un à deux quintaux de schlich mélangé de wolfram, qu'on nomme, par cette raison, wolfram-schlich, et qui ne donne que le quart de son poids d'étain à la fonte.

Les minerais extraits des mines du district de Bunau sont lavés dans plusieurs laveries situées sur le ruisseau de Zinnwald : toutes ces laveries sont, du reste, semblables, et se composent d'un bocard à trois batteries simples, et d'une laverie avec deux tables à secousse, un schlemm-graben, et une ou deux tables dormantes.

Les auges de bocards ont ordinairement 3 pieds de longueur et 2 pieds de largeur et de profondeur ; elles reçoivent, toutes, trois pilons de 12 pieds de hauteur et 6 pouces d'équarrissage. Le pilon dégrossisseur porte un fer du poids de 80 livres, et a 20 pouces de levée : celui du milieu a

un fer de 70 livres pesant, et une levée de 19 pouces; enfin, le troisième porte un fer de 60 [illegible]ivres pesant, et s'élève de 18 pouces. Ces pilons [illegible]nt mis en mouvement par un arbre à dou-[illegible] cames, qui est lié à une roue à chute supé-[illegible]e de 10 pieds de diamètre, recevant 100 p[illegible]ubes d'eau par minute.

[illegible]cardage se fait à la bonde; l'eau qui sort de [illegible]se rend, par un petit canal, dans les canau[illegible] dépôt qui sont triples, et se composent d'u[illegible]fälle et d'un *graben*. Le gefälle, qui reçoit le [illegible] gros, a la forme d'un coin; il a 4 pieds de lo[illegible]ur, 2 pieds de largeur, et autant de profonde[illegible]la tête. Le graben a 12 pieds de longueur, et [illegible]ds de largeur et profondeur : il n'y a point, d[illegible]te, de bourbiers ni labyrinthes à la suite de c[illegible]aux.

Dans les temps [illegible]'on a beaucoup à bocarder, un homme est n[illegible]ssaire pour casser le minerai, le conduire aux [illegible]sses de chargement, et [illegible]tretenir le bocard; i[illegible]eçoit alors un gros par [illegible]terie de trois pilons [illegible]ndant le jour, et 2 gros [illegible]ant la nuit; ce q[illegible]it, pour trois batteries, 9 [illegible] par 24 heures[illegible]uand il n'y a point de pr[illegible] c'est le maîtr[illegible]eur qui fait ce travail; il re[illegible]lors, outre s[illegible]ppointemens fixes, une paie [illegible]gros par 2[illegible]eures. Dans un tel bocard de [illegible]batteries [illegible]ples ou neuf pilons, on bocarde 6[illegible]ures d[illegible]inerai commun ou greisen, en qua[illegible] jou[illegible]. C'est ordinairement le maître laveur [illegible]etient ce bocard, et alors il reçoit, pour chaque batterie, 2 gros par 24 heures. Quand il a trop d'ouvrage, c'est un ouvrier qui a ce soin, et on lui donne 3 gros par batterie en activité.

De la préparation mécanique.

Le minerai étant rendu au jour, on met en tas, pour être conduit immédiatement aux laveries, le greisen ou minerai commun ; quant à celui qui provient des couches, comme il contient souvent encore beaucoup de wolfram, on met à part le plus impur, pour être soumis à une séparation préliminaire.

On casse ce minerai à la main, en morceaux de la grosseur d'une noisette ; puis on le passe sur un crible en fil de fer, dont les trous ont un demi-pouce carré. Ce qui traverse ce crible est un mélange de petites parties de minerai et de wolfram, qu'on ne peut plus séparer, et qu'on envoie ainsi au bocard ; ce qui reste sur le crible est étendu sur une table, et trié à la main, en plein air, dans les beaux jours d'été. Une voiture de minerai, soumise à cette préparation, occupe deux gamins pendant une demi-heure à trois quarts d'heure, et donne, selon le district d'où elle vient, d'un à deux quintaux de schlich mélangé de wolfram, qu'on nomme, par cette raison, wolfram-schlich, et qui ne donne que le quart de son poids d'étain à la fonte.

Les minerais extraits des mines du district de Bunau sont lavés dans plusieurs laveries situées sur le ruisseau de Zinnwald : toutes ces laveries sont, du reste, semblables, et se composent d'un bocard à trois batteries simples, et d'une laverie avec deux tables à secousse, un schlemm-graben, et une ou deux tables dormantes.

Les auges de bocards ont ordinairement 3 pieds de longueur et 2 pieds de largeur et de profondeur ; elles reçoivent, toutes, trois pilons de 12 pieds de hauteur et 6 pouces d'équarrissage. Le pilon dégrossisseur porte un fer du poids de 80 livres, et a 20 pouces de levée : celui du milieu a

un fer de 70 livres pesant, et une levée de 19 pouces; enfin, le troisième porte un fer de 60 livres pesant, et s'élève de 18 pouces. Ces pilons sont mis en mouvement par un arbre à doubles cames, qui est lié à une roue à chute supérieure de 10 pieds de diamètre, recevant 100 pieds cubes d'eau par minute.

Le bocardage se fait à la bonde; l'eau qui sort de l'auge se rend, par un petit canal, dans les canaux de dépôt qui sont triples, et se composent d'un *gefälle* et d'un *graben*. Le gefälle, qui reçoit le plus gros, a la forme d'un coin; il a 4 pieds de longueur, 2 pieds de largeur, et autant de profondeur à la tête. Le graben a 12 pieds de longueur, et 2 pieds de largeur et profondeur: il n'y a point, du reste, de bourbiers ni labyrinthes à la suite de ces canaux.

Dans les temps où l'on a beaucoup à bocarder, un homme est nécessaire pour casser le minerai, le conduire aux caisses de chargement, et entretenir le bocard; il reçoit alors un gros par batterie de trois pilons, pendant le jour, et 2 gros pendant la nuit; ce qui fait, pour trois batteries, 9 gros par 24 heures. Quand il n'y a point de presse, c'est le maître laveur qui fait ce travail; il reçoit alors, outre ses appointemens fixes, une paie de 6 gros par 24 heures. Dans un tel bocard de trois batteries simples ou neuf pilons, on bocarde 60 voitures de minerai commun ou greisen, en quatorze jours. C'est ordinairement le maître laveur qui entretient ce bocard, et alors il reçoit, pour chaque batterie, 2 gros par 24 heures. Quand il a trop d'ouvrage, c'est un ouvrier qui a ce soin, et on lui donne 3 gros par batterie en activité.

La laverie, attenant au bocard, et composée, comme nous l'avons dit, de deux tables à secousse, un schlemm-graben et deux tables dormantes, est servie par quatre ouvriers, dont un maître et quatre gamins.

Les tables à secousse ont 16 pieds de longueur et 6 pieds de largeur; elles sont mises en mouvement par une roue de 12 pieds de diamètre, et ont de 2 à 6 pouces de pente : elles sont soutenues par quatre chaînes, dont les deux de derrière passent sur un treuil qui porte à son milieu une roue à rochet, par le moyen de laquelle on peut les abaisser ou élever. Ces tables n'ont pas d'ailleurs de caisses en bas, et tout ce qui s'en échappe va à la rivière; deux gamins servent ces tables, dont les manipulations sont les mêmes que celles d'Altenberg, et le troisième les fournit de minerai.

Le schlemm-graben et les tables dormantes de Zinnwald sont aussi les mêmes qu'à Altenberg, tant pour les dimensions que pour les manipulations : c'est ici le maître laveur qui a la direction de ces machines.

Voici maintenant les différentes opérations qu'on fait subir aux schlichs du bocard; elles sont les mêmes pour le schlich grossier et le schlich fin, à l'exception que, pour ces derniers, on donne aux tables à secousse moins d'eau, moins de secousse et moins de pente.

Dans le lavage du schlich grossier, on fait, à chaque table, deux tablées par jour, ou quatre tablées en tout; on agit ainsi trois jours et demi de suite, et, à chaque fois, on fait sur les tables les divisions suivantes :

1 pied à la tête du schlich noble A, qu'on met à part;
2 pieds de schlich moyen, qu'on recharge immédiatement,
Et le bas qu'on jette à la rivière.

Le schlich noble A, rassemblé des quatorze tablées, est passé de nouveau aux tables à secousse; on a alors deux tablées qui donnent :

1 pied à la tête de schlich noble B ;
3 pieds de schlich moyen, qu'on repasse immédiatement,
Et la partie inférieure qu'on rejette.

Le schlich noble B est alors schlemmé le quatrième jour, et séparé en schlich gros et fin, qu'on passe aux tables dormantes de la manière suivante.

On prend 15 quintaux environ, qu'on délaie sur la tête ; on balaie, en laissant perdre la première eau, qui n'est chargée que des parties micacées et quarzeuses fines : lorsqu'une grande partie de ces matières étrangères sont enlevées, ce qui va au pied de la table se compose de parties quarzeuses blanches et de parties noirâtres métallifères; on ferme alors le pied de la table par une petite planchette, qui retient ces schlichs et laisse aller l'eau par débordement seulement. Ayant purifié, autant que possible, au balai, la partie supérieure de la table, on ôte la planchette, et on fait tomber tout ce qui s'est réuni dans le bas dans un petit tonneau, pour être ensuite relavé sur la table. Quant au schlich pur du haut de la table, on le verse ensuite dans un autre tonneau, et on le conduit à l'usine. Le lavage aux tables dormantes de 15 livres dure environ un quart d'heure. Du schlich noble B, provenant de quatorze tablées, on retire environ un quintal de bon schlich, tenant un demi-quintal d'étain fondu.

Les matières déposées dans le grand réservoir de dépôt qui reçoit les eaux perdues du schlemmgraben et des tables dormantes sont retirées tous les ans, bocardées de nouveau, et lavées de la même manière : elles occupent environ une semaine, et donnent à-peu-près un quintal de schlich pauvre, bon à fondre.

Le maître laveur d'un atelier reçoit 5 gros par jour, plus le logement et trois cordes de bois de chauffage ; les trois gamins reçoivent chacun 2 gros par jour. Ces ouvriers lavent, en quatorze jours, soixante voitures de minerai. Les frais de bocardage et lavage de cette même quantité se montent ordinairement de 11 écus $\frac{1}{2}$ à 12 écus.

De la fonte des schlichs.

La fonte des schlichs d'étain qui proviennent des mines du district de Bunau a lieu dans une usine située dans la petite ville de Geyssing. Cette usine contient un fourneau de 7 pieds et un de 5, tous deux construits comme à Altenberg. On y apporte les schlichs des laveries les plus voisines, dans des baquets du contenu d'un quintal, pour lequel on paie 6 liards à 1 gros. On fond généralement 20 à 25 quintaux à-la-fois dans le premier fourneau ; on y repasse les scories deux fois consécutives; puis les dernières sont encore traitées au petit fourneau. Les minerais de Zinnwald étant assez difficiles à fondre, on leur donne ordinairement plus de feu qu'à Altenberg : du reste, les procédés de fonte sont toujours les mêmes. On estime que chaque quintal d'étain coûte, terme moyen, 12 gros à produire.

Considérations générales.

On retirait autrefois 8 à 900 quintaux d'étain du district de Bunau, 400 quintaux du district de Bilin, et 300 de celui de Claris; aujourd'hui les produits de ces mines sont bien moindres, sans cesser cependant d'être encore très-considérables. Du reste, comme on n'imprime point à la fin de chaque année des feuilles de situation, ainsi que pour les mines d'Altenberg, nous ne pouvons indiquer d'une manière sûre les bénéfices annuels que procure le district de Zinnwald.

MÉMOIRE

SUR

Les terrains secondaires du versant nord des Alpes allemandes;

Par M. Ami BOUÉ.

La majestueuse chaîne des Alpes, qui s'étend de la Suisse jusque sur les confins de la Hongrie et de la Turquie, offre tant de difficultés pour le géologue, soit par sa grandeur, soit par ses accidens divers, qu'il n'est pas étonnant qu'on n'ait commencé que tout récemment à avoir une idée claire de sa structure générale.

En lisant avec attention les écrits sur les Alpes allemandes d'Escher, de Buch, de Mohs, de Lupin, d'Uttinger, de Pantz et de Keferstein, l'on voit déjà ressortir la vérité dans les idées de la plupart de ces observateurs, ou du moins l'on y trouve indiqués les moyens d'arriver à la résolution du problème : c'est en mettant à profit les données rassemblées par cette masse de géologues éminens, et en s'appliquant sur-tout à comparer les masses et les fossiles des Alpes avec les terrains et les restes organiques de l'Angleterre, que le célèbre géologue M. Buckland a enfin pu donner, en 1822, un aperçu général de la véritable structure des Alpes.

D'après tous ces travaux, il serait tout-à-fait inutile de faire part de mes observations sur la partie septentrionale de cette chaîne, si je n'avais pas l'espoir d'ajouter quelques traits de plus à l'esquisse de M. Buckland, en comparant les Alpes non-seulement à l'Angleterre, mais encore à l'Allemagne, aux Carpathes et à la France.

De grands groupes de *roches schisteuses, cristallines*, encaissées ou séparées par des schistes plus ou moins évidemment intermédiaires, forment la partie centrale des Alpes. Les *roches schisteuses de transition et les grauwackes* alternent avec des calcaires veinés compactes ou sublamellaires, qui ont les caractères des calcaires intermédiaires des autres contrées, et renferment çà et là, comme ces derniers, des *dépôts métallifères* et sur-tout *ferrifères* (fer spathique et hydraté), comme, par exemple, en Tyrol, en Styrie, etc. : cà et là on aperçoit des masses d'*agglomérats fort grossiers,* quelquefois rougeâtres, qui paraîtraient plutôt répondre au grès rouge ancien des Anglais, qu'au grès rouge nouveau, ou au *todtliegende* des Allemands.

C'est sur cette accumulation de dépôts ou à leurs pieds que s'est déposé le *premier calcaire secondaire*, qui forme, tout le long des Alpes, une bande de montagnes fort élevées et couvertes çà et là de glaciers ou de neiges perpétuelles.

Les montagnes de ce calcaire sont en général pelées, arides et sauvages, et les parties fertiles qu'elles renferment dérivent le plus souvent de lambeaux de dépôts postérieurs.

Leurs sommités atteignent des hauteurs de 7 à 9,000 pieds au-dessus de la mer : elles présentent des pics, des aiguilles, des crêtes dentelées, des escarpemens ou des rochers entassés ; leurs pentes sont très-rapides. Elles renferment beaucoup de gorges, de vallons et de vallées transversales et souvent fort étroites (vallée entre Itzel, Melck, etc.), et les traces d'écroulemens et de chutes de rochers y sont fréquentes. Ce calcaire est

presque toujours indistinctement ou non stratifié (1), et il présente, comme ailleurs, différentes assises; sa plus grande masse est compacte ou a une structure grenue particulière, et semblable à celle de quelques zechsteins et de quelques calcaires magnésiens de l'Angleterre. Les calcaires fétides y sont fréquens; des assises marneuses s'y rencontrent, sur-tout vers la partie supérieure, où elles prennent quelquefois la structure de la grauwacke ou de certains calcaires magnésiens anglais. Des masses feldspathiques s'y rencontrent çà et là; des dépôts métallifères se trouvent dans sa partie tout-à-fait inférieure, comme dans le zechstein d'Allemagne et de Silésie; enfin, la plus grande partie de ces calcaires renferment plus ou moins de magnésie, comme l'ont aussi reconnu MM. de Buch et Buckland des deux côtés des Alpes, et comme l'a prouvé l'analyse qu'en a faite M. Fuchs de Landshut.

Sa position, son identité de composition avec le zechstein et le calcaire magnésien anglais, son manque de couches de schistes, de grauwacke ou de grès, ne permettent pas de le confondre ni avec le calcaire de transition ancien, ni même avec le calcaire de transition récent, ou le calcaire métallifère des Anglais, et M. Mohs n'aurait probablement pas fait ce rapprochement s'il eût parcouru une plus grande étendue des Alpes.

C'est ce qu'ont déjà senti Escher et Uttinger, qui appellent ce calcaire *hochgebirgskalk*, tandis

---

(1) Voyez, à ce sujet, ce que dit M. Mohs, *Éphémérides de Moll*, vol. 3, pag. 161; M. Lupin, dans le même Recueil; Uttinger, dans le *Taschenbuch* de Leonhard, pour 1812, et M. Pantz.

que les autres géologues, tels que MM. Karsten, Freiesleben, Humboldt, de Buch et Keferstein, ont appelé ce calcaire *calcaire alpin*, et y ont compris des formations calcaires plus récentes des Alpes.

Ce calcaire se distingue éminemment des calcaires suivans par sa nature, par son manque presque total d'indices de stratification, par la multitude de ses fentes, qui semblent çà et là, au premier abord, des fentes de séparation, et par l'extrême rareté de ses restes organiques.

Les assises de ce calcaire présentent, comme l'ont si bien dit MM. Mohs et Uttinger, deux espèces de calcaires : l'un est composé de petites parties lamelleuses, qui donnent à la roche un aspect grenu, plus ou moins brillant, semblable à celui de la dolomie jurasique, et indiquant déjà ainsi sa nature magnésienne.

L'autre est un calcaire compacte, à petites esquilles, qui est extrêmement fendillé, ou traversé d'une si grande multitude de très-petits filons presque invisibles de spath calcaire souvent magnésifère, que la roche se désagrège en fragmens irréguliers angulaires, ou même en une espèce de sable, comme à Baden, près de Vienne. Les formes des sommités de ce calcaire, et les crevasses qui les traversent, dépendent évidemment de cette structure fendillée.

Les couleurs de ces roches, qui passent de l'une à l'autre, et qui alternent ensemble, sont le plus ordinairement le gris, le gris de fumée et le gris brunâtre; moins souvent on en voit d'un blanc grisâtre, de blanchâtres, d'un blanc rosâtre (lac de Wolfgang), de jaunâtres, et d'un gris foncé ou noirâtre.

De même que le zechstein, plusieurs de ces *calcaires* sont *fétides* (geisalp), mais sur-tout les brunâtres, qui donnent une odeur empyreumatique, provenant probablement des parties bitumineuses disséminées; il arrive même que ce bitume y forme de petits nids distincts, et en découle, en été, sous un état visqueux, comme au sud de Traunstein, à Tegernsee, etc.

Les *calcaires marneux* sont en général grisâtres, ou gris-blanchâtres, ou jaunâtres, ou légèrement rosâtres; ils sont plus ou moins endurcis, et lorsqu'ils présentent la structure de la *grauwacke*, ils sont en partie à cellules angulaires, vides quand la décomposition a détruit les portions marneuses, moins fortement agrégées et empâtées dans la surface de la base, plus dure, comme cela se voit bien, au contact du premier calcaire secondaire et du grès bigarré de la Kaumalpe, à Neustadt, dans la vallée de la Frann, dans la Bavière supérieure, dans l'Allgau, et à Pétersdorf, près de Vienne. Il est impossible de ne pas reconnaître les roches secondaires anciennes du nord de l'Allemagne dans ces rochers bizarres, et dans ces pierres exploitées, à Neustadt, comme meules de moulin. S'il m'était permis de sortir des limites des Alpes allemandes, je devrais encore rapprocher de ces roches ces *calcaires marneux, poreux et à soufre*, de Bex, en Suisse, qui sont identiques avec les masses semblables de Tarnowitz, en Silésie, et des Pyrénées.

Comme je n'ai pas eu le bonheur de rencontrer de pétrifications dans ce terrain, et que la plupart des auteurs ont confondu toujours les fossiles du calcaire récent avec ceux qui peuvent exister dans notre calcaire, il faut attendre de

nouvelles données à cet égard ; néanmoins il est possible que M. Prevost ait raison d'y citer de grosses *bélemnites*, et que les *productus* de Bleyberg y appartiennent. Quant aux schistes marneux à impressions de poissons, il me semble, malgré ce qu'en disent MM. Keferstein et Buckland, qu'on n'a pas encore bien développé les raisons qui séparent de notre formation les schistes à poissons du Plattenberg; et qui y lient au contraire les schistes bitumineux à poissons de Seefeld (1).

Les masses étrangères qu'on rencontre dans le premier calcaire secondaire des Alpes se réduisent à quelques *colonnes porphyriques*, qui paraissent d'une manière fort problématique au milieu des calcaires de l'Allgau, à Ebna, près d'Oberstorf, vers la hauteur moyenne de la Geisalp, au-dessus de Reichenbach, et sur le pied occidental du mont Jochberg, près de Hindelang.

Ces roches feldspathiques, plus ou moins dures et ferrugineuses, y sont brunâtres ou rouges-brunâtres; elles renferment des cristaux de feldspath et des parties verdâtres peut-être cristallisées (Hindelang), et elles sont traversées de veines de chaux carbonatée et d'une matière indistincte, onctueuse, verdâtre. Plus rarement, on y rencontre quelque peu de mésotype et même de la datolite, associée avec du fer oxidé rougeâtre, qui forme, à la Geisalp, de petits filons, ou imprègne très-fortement certaines masses de la superficie de l'amas.

C'est à Hindelang qu'on peut sur-tout bien

(1) Voyez ce qu'en dit Flure dans les *Éphémérides de Moll*, vol. 5.

observer la forme de ces colonnes ignées, qui paraissent avoir percé le calcaire de la même manière que les basaltes se sont fait jour à travers le grès bigarré d'Eisenach; néanmoins on ne peut pas apercevoir leur contact avec le calcaire, ou du moins si on l'observe, on n'y trouve aucun indice de ces altérations qui paraissent exister près des masses semblables bien plus considérables, et enclavées dans la même formation calcaire du Tyrol.

Les dépôts métallifères de l'assise tout-à-fait inférieure consistent en minerais de plomb et plus rarement de zinc. Comme le plomb sulfuré et le zinc sulfuré et oxidé sont les produits les plus abondans, il devient probable, comme ailleurs, par la position des autres minerais, qu'ils ne sont que le résultat des effets que des procédés chimiques lents ont exercés sur les minerais principaux. Ainsi, on trouve encore un peu de plomb carbonaté et phosphaté, sur-tout dans des druses, du zinc carbonaté veiniforme, etc.

Ces minerais forment, pour le géologue, des nids ou des traînées de petits amas ou de réseaux de petits filons, qui présentent, comme les petits filons en général, les accidens que nous retrouvons en grand dans les grands filons exploités. C'est ce que M. Mohs a admirablement exposé dans sa *Description des mines de Bleyberg;* mais le mineur qui ne voit que les fentes richement remplies et qui néglige les petites fentes pourvues de peu de minerai y trouvera néanmoins çà et là des filons assez persistans et assez riches pour mériter, pour lui, le nom de filons.

Les localités de ces minerais sont fort nombreuses dans l'Allgau; on en a sur-tout reconnu

à l'Erzberg, près de Hindelang : il y en a près de Hall, en Tyrol ; à Garnisk, dans le Wedenfels ; sur le lac Tegern ; dans le bailliage de Strauenstein ; au village de Marquartstein ; au Rauschberg ; au mont Stauffen ; sur les bords du lac Königsee, au Bleyberg. Enfin l'on a recueilli du mercure natif près de Wallersee, de Fussen et de Radein, dans le Grimmer Ioch, en Tyrol, qui, d'après la nature de ces localités, ne semblerait pouvoir n'être provenu que de ces calcaires ou de quelques lits marneux noirâtres, qui leur seraient peut-être subordonnés (1).

Après cette description, on ne peut objecter contre le rapprochement de ce dépôt calcaire avec le zechstein ou le calcaire magnésien anglais, que l'existence des porphyres dans ces masses, et la différence des grandeurs des dépôts mis en parallèle ; mais la grandeur relative de deux terrains n'empêche nullement leur formation contemporaine : car, combien de fois ne voit-on pas des couches minces d'une formation prendre çà et là des épaisseurs très-considérables, comme, par exemple, dans le Muschelkalk? D'ailleurs, les Alpes étaient probablement déjà, dans le temps de ce dépôt, les pentes côtières les plus considérables de l'Europe ; et la matière calcaire, provenant de débris d'êtres marins, ne devait-elle pas s'amasser en plus grandes masses contre ces plans bosselés et inclinés, que contre les petites chaînes sous-marines du Thüringerwald, du Hartz ou de l'Angleterre? Et de plus, il n'est pas impossible, et les cimes escarpées des Alpes le rendent même probable, qu'un courant

(1) Voyez *Éphémérides de Moll*, vol. 5.

longeait alors les Alpes, et contribuait à étendre les particules calcaires, en même temps qu'il empêchait leur dépôt en feuillets réguliers et la conservation des restes organiques ; tandis qu'ailleurs les eaux de la mer déposaient plus tranquillement leur limon et formaient des couches et des strates.

La même cause, jointe à la rapidité des pentes des Alpes centrales, a produit ce manque de terrain houiller : or, s'il n'y a pas eu de dépôt semblable sur le nord des Alpes, est-il surprenant de voir dans la masse calcaire qui occupe, pour ainsi dire, en partie sa place, des porphyres, qui ont même apparu après la fin du dépôt de tout le terrain houiller, comme en Saxe, etc. ?

Cette formation est suivie, comme ailleurs, par le *grès bigarré* avec ses marnes à amas gypseux et salifères, comme cela se voit bien à Hindelang, à la Geisalp, à Reuti et à Heiligencreuz, près de Vienne. Mais ce terrain ne présente pas, dans les Alpes septentrionales, tous les caractères extérieurs accidentels des grès bigarrés du nord de l'Allemagne, et il est extrêmement morcelé, parce qu'il est placé dans les anfractuosités de la surface irrégulière du calcaire plus ancien (Hindelang), et recouvert souvent par des calcaires récens ou des dépôts tertiaires, ou parce qu'il a été en grande partie détruit (vallées de Hindelang, Geisalp), et est la cause d'un grand nombre de vallées, dont la première origine était peut-être des fentes formées antérieurement à ce dépôt.

Ce sont ces causes réunies qui ont fait qu'on a si long-temps hésité sur la place de ces masses, quoique M. Mohs les eût déjà classées conve-

nablement. C'est sur-tout le beau mémoire de l'habile géologue M. Uttinger qui a fait bien ressortir la position de ce dépôt arénacé et marneux, qui, dans les Alpes de la Bavière, se prolongeait autrefois jusque dans le fond des sinuosités les plus éloignées des vallées, et qui maintenant n'y occupe plus que çà et là soit le fond de ces cavités, soit des gorges ou des pentes des montagnes.

Comme ce géologue n'a pas cru devoir classer son calcaire Hochgebirgskalk parmi le zechstein, il qualifie le grès bigarré de calcaire alpin.

En Autriche, ce grès constitue les avant-postes des Alpes, et il abonde dans les Carpathes, où il forme des montagnes à-peu-près de la forme de celles du Spessart : leurs sommets sont arrondis, leurs pentes assez douces ; leur sol argileux est couvert de beaucoup de bois, et les vallées profondes ou le bord des rivières présentent, seuls, des coupes inclinées de ces roches. Dans le nord de l'Allemagne, le grès bigarré offre toujours des assises arénacées, qui supportent des masses marneuses à gypse et à sel, et à couches arénacées et calcaires assez particulières, et rarement on remarque, au contact du grès bigarré et du zechstein, des amas gypseux, qui paraîtraient liés, jusqu'à un certain point, à ce dernier calcaire. Dans les Alpes, les mêmes masses se présentent à-peu-près dans le même ordre ; mais la nature y a travaillé plus en grand, et les parties calcaires y abondent davantage dans ces roches. On y voit de grandes accumulations de couches arénacées et marneuses, accompagnées quelquefois d'amas énormes de marnes gypseuses et salifères, comme à Hallstadt.

Ces amas gypseux sont très-près du premier calcaire secondaire, et paraissent enclavés dans les parties inférieures d'un dépôt de marnes et de grès, comme à la Kaumalpe; ou bien ils semblent placés au milieu d'un dépôt arénacé et marneux, ou même les marnes gypseuses et salifères ont l'air d'être situées entre des couches du second calcaire secondaire, comme à Ischel; enfin, en Autriche et dans les Carpathes, le grès bigarré forme, au-dessus du premier calcaire secondaire, des assises très-puissantes, et au milieu desquelles il y a des amas marneux, qui sont quelquefois très-gypseux et salifères, ou contiennent même des dépôts considérables de sel gemme. Ce grand terrain a été très-souvent rapproché à tort de la grauwacke; mais il s'en distingue par sa position, par sa nature marneuse, par ses dépôts salifères, et par ses pétrifications végétales et animales. Les raisons qui ont pu engager même d'habiles géologues à adopter cette fausse classification sont d'abord que certains grès bigarrés des Alpes et certaines roches schisteuses de cette époque donnent, au premier abord, minéralogiquement l'idée d'une grauwacke ou d'un schiste argileux intermédiaire.

Ensuite le manque fréquent, dans les Alpes, du dépôt de la grauwacke semblable à celle du Hartz; la superposition immédiate du grès bigarré alpin sur d'anciennes roches de transition; la connaissance imparfaite du vieux grès rouge des Anglais, de la partie orientale des Alpes, et des pétrifications, ont pu aussi contribuer à entretenir si long-temps les géologues dans cette erreur, dont les dépôts salifères, seuls, auraient déjà dû les tirer, puisqu'à l'exception de

deux ou trois points douteux des Alpes, les grauwackes ou les schistes intermédiaires d'aucune contrée ne renferment de sel gemme.

Les mêmes raisons empêchent de le confondre avec les grès houillers ou le grès rouge des Allemands (*todtliegende*); car si nous avions eu, M. Beudant et moi, une idée exacte de sa position et une connaissance approfondie du premier et du second calcaire secondaire des Alpes, nous n'aurions jamais commis cette erreur, et nous ne nous en serions laissé imposer ni par les couches calcaires, ni par la fréquence des débris de végétaux réduits à l'état charbonneux ou de lignite, ni par la rareté des pétrifications d'êtres marins.

Il serait plus pardonnable de le rapprocher du quadersandstein, si nous n'étions pas assurés de sa position entre les deux formations calcaires, identiques avec les deux premiers dépôts secondaires du nord de l'Allemagne, si les dépôts salifères et ses couches particulières calcaires sans pétrifications n'étaient pas étrangers au quadersandstein, et si on y retrouvait les fossiles propres à ce dernier grés.

Il est possible cependant que le quadersandstein, ou même le grès vert, forme, dans l'extrémité tout-à-fait orientale des Alpes, en particulier dans l'Autriche inférieure, quelques masses arénacées coquillières, assez analogues aux précédentes, et qui leur soient immédiatement superposées.

Quoiqu'il paraisse qu'on ait confondu quelquefois de très-petites masses de ces roches avec les molasses, elles en sont cependant suffisam-

ment distinguées par leurs couches calcaires et leurs autres caractères.

Les grès de ce dépôt sont composés sur-tout, comme le grès bigarré de l'Allemagne, de grains de quarz, qui sont dans un ciment argileux et marneux, à l'ordinaire grisâtre, et ressemblant à la base des grauwackes; des portions d'argile schisteuse grisâtres, noirâtres ou verdâtres, et des paillettes de mica, viennent encore augmenter souvent la ressemblance de ces deux roches d'âges si différens, quoiqu'on retrouve cependant les mêmes particularités dans les grès bigarrés du nord de l'Allemagne.

Mais si on vient à comparer une série d'échantillons de ces grès avec une série de grauwackes, on sera frappé de la différence de la compacité ou de l'agrégation particulière; l'œil du connaisseur se trompera peut-être sur quelques-uns des échantillons, sur-tout si l'on n'emploie pas les acides; mais il ne confondra certainement pas la totalité des termes des deux séries.

Ces grès sont plus ou moins grossiers, et même il paraîtrait que les assises tout-à-fait inférieures empâtent des fragmens quelquefois très-gros de quarz, de micaschiste, de schiste argileux, de calcaire secondaire décomposé, comme, par exemple, à l'entrée du vallon du Leierbacherthal, près de Sonthofen, et à Dornbach, en Autriche.

Il est même probable que les roches semblables de la pente nord-est du mont Gründten, au-dessus de Kagneritz ou Wagneriz, appartiennent encore ici, quoiqu'on y voie des morceaux qui ont jusqu'à 10 pieds, et qui sont

principalement des fragmens de granite, de gneiss, de roches porphyriques, de schiste, de calcaire plus ancien, provenus probablement en grande partie de la chaîne de la Forêt-Noire.

Ces grès ont un ciment plus ou moins marneux et passent à des marnes, ou bien ils forment des grès marneux, ou des marnes sablonneuses, grisâtres ou noirâtres, à paillettes de mica: ces roches sont fréquemment traversées de petits filons spathiques; assez souvent on y aperçoit des traces de végétaux, comme à Alstadt, près de Sonthofen, ou bien de petites parties noires, qui paraissent dériver de végétaux. Ces restes organiques sont sur-tout très-abondans dans les grès tout-à-fait supérieurs, comme près de Vienne, où on aperçoit des impressions distinctes de différentes plantes monocotylédones terrestres, de *fucus* (*F. æqualis*, *intricatus*, *recurvus*, et une sans nom, Ad. Brong.), et d'autres plantes marines. Les couleurs de ces roches sont sur-tout le gris, le gris bleuâtre, le gris verdâtre; le changement que l'air et l'eau produisent sur les particules ferrugineuses de ces grès leur donne souvent, à la longue, une teinte brunâtre ou rougeâtre, qui pénètre plus ou moins avant dans leur masse, comme cela se voit bien dans l'Allgau et au Kahlenberg, près de Vienne, où on les exploite, avec avantage, comme pavé.

Les *marnes* sont plus ou moins arénacées, argileuses, calcaires ou feuilletées; elles sont grises, ou gris noirâtre, ou gris verdâtre, ou plus rarement rougeâtres, ou gris jaunâtre, lorsqu'elles renferment des nids ou des rognons un peu imprégnés de fer hydraté. Elles alternent avec les grès, y passent et renferment quelque-

fois des restes de végétaux, et même des impressions de plantes marines, dont les teintes plus foncées ressortent sur le fond marneux plus clair, comme au Kahlenberg, à Sivering et à Nussdorf, où se trouvent les mêmes impressions de fucus, que dans certaines argiles schisteuses de Florence, et de Bidache dans le département des Landes.

Rarement ces matières végétales ont été assez abondantes pour donner naissance à quelques amas d'une espèce de houille passant au jayet, et mêlée de beaucoup de particules terreuses, comme à Dornbach, près de Heiligenkreuz, etc. On exploite ce combustible, près d'Ipsitz, dans l'Autriche supérieure.

Ce n'est que dans les Carpathes, et sur-tout dans le comitat de Marmarosch, qu'on retrouve quelquefois des cristaux de quarz hyalin disséminés, comme dans les marnes bigarrées de Westphalie.

Les *marnes gypsifères* et *salifères* sont brunâtres, rouge brunâtre, gris verdâtre ou gris noirâtre. Ces dernières paraissent être en général les plus salifères, et elles forment pour le mineur autrichien le *hasselgebirge*, tandis que les marnes stériles sont qualifiées de *lebergebirge*. Ces roches s'endurcissent quelquefois, et forment ainsi des séries d'alternations, qui sont identiques avec celles du nord de l'Allemagne et de l'est et du sud de la France, comme, par exemple, au bord du lac de Wolfgang, à Hohenfeld ou Wenek, et, à une heure d'Ischel, au lieu dit *Pfandel*, près de la cabane du percepteur des droits pour l'entretien de la chaussée.

Les marnes salifères renferment rarement des

traces de minerais disséminés ou en petits nids, tels que du fer oligiste micacé, du fer sulfuré, du plomb sulfuré, du cuivre sulfuré, et à Hall, en Tyrol même, de l'arsenic sulfuré (*Rauschgelb*).

Les *gypses* sont compactes et à petites parties spathiques, comme à Breitenschwang, à Reuti, ou bien ils sont fibreux ou spathiques (*Hindelang*), et çà et là il y a de petites masses d'anhydrites. Ces gypses renferment quelquefois des fragmens du premier calcaire secondaire, et rarement des lames de fer oligiste, comme près de Reichenhall, accident semblable à celui des environs de Dax.

Lorsque ces gypses ne sont pas accompagnés de dépôts salifères, ils sont sur-tout blancs; mais, dans les amas muriatifères, on en observe en outre de grisâtres, de gris-jaunâtres, de brunâtres ou de rougeâtres, et dans les cavités exploitées, cette substance se cristallise journellement.

Le gypse forme, dans les marnes, de petits filons ou des amas fort irréguliers, plus ou moins considérables, qui quelquefois produisent de petites collines basses, comme près de Reuti, où l'on peut bien observer non-seulement le gypse reposant sur la surface irrégulière du calcaire secondaire ancien, mais encore ces enfoncemens en entonnoir, que les parties du gypse, facilement détruites par la filtration des eaux, ont produits dans tout le nord de l'Allemagne.

Le *sel* y est compacte, ou confusément cristallisé, ou rarement fibreux; il est blanc, jaune brunâtre, rougeâtre, ou quelquefois violâtre; il est distribué dans les marnes d'une manière invisible à l'œil, où il forme de petites veines ou des séries d'amas irréguliers fort bizarrement

disséminés au milieu de couches marneuses très-souvent contournées. Ces espèces de couches courtes atteignent quelquefois une épaisseur de 5 à 6 pieds et au-delà, et une étendue d'une demi-heure de chemin, comme cela se voit à Hallstadt, à Alt Aussee, et plus rarement à Berchtolsgaden. Il est digne de remarque de trouver le plus grand dépôt de gypse et de sel, et même de soufre, justement dans les masses qui se sont déposées après la cessation des irruptions ignées secondaires anciennes. S'il était bien certain que l'eau de la mer ne trouve pas moyen de s'introduire dans le foyer des volcans, la quantité d'acides muriatique et sulfurique qu'ils exhalent, et les efflorescences salines des laves, pourraient amener à l'idée que ces dépôts de gypse, de sel, de soufre et de pyrites, et jusqu'à un certain point même la salure de la mer, seraient, comme les dépôts métallifères, dans une certaine dépendance des effets des volcans les plus anciens, et sur-tout des solfatares sous-marines, qui ont dû suivre, comme à présent, les grandes irruptions, et qui ont pu supersaturer l'eau de la mer d'acides et de sel, et causer ainsi des précipités.

(Parmi les autres dépôts de gypse et de soufre, celui des terrains tertiaires se trouve aussi à l'époque des grandes irruptions basaltiques; néanmoins je suis loin de contester que des décompositions de pyrites aient pu donner lieu aux petits dépôts gypseux que renferment soit les marnes du calcaire jurasique, soit le grès vert, ou les argiles tertiaires.)

Les *calcaires* de ces dépôts sont des calcaires compactes, qui passent aux marnes lorsqu'ils

sont bien fortement endurcis : ils ont une cas-
sure conchoïde aplatie ; ils sont quelquefois un
peu fétides et noirâtres, et ils présentent très-
rarement des restes organiques, comme, pa
exemple, au Leierbacherthal, où une couch
noirâtre supérieure renferme quelques débri
d'encrines ; plus souvent on y voit quelques ro
gnons siliceux ou de silex corné, comme aux en
virons de Sonthofen et d'Ischel.

Ils ont des teintes grisâtres, noirâtres, grises
jaunâtres, brunâtres et rarement rougeâtres. O
les trouve sur-tout vers les parties supérieure
du dépôt, où ils sont traversés de petits filon
spathiques, et plus rarement de petites fente
ferrugineuses brunâtres, qui leur donnent l'aspec
du marbre ruiniforme de la Toscane : c'est c
qui a lieu, près de Klosterneuburg, le long d
lit encaissé du Danube.

Toutes ces différentes masses alternent en
semble, constituent le terrain du grès bigarr
des Alpes, que probablement personne n'aura
méconnu, si des masses porphyriques ou gran
toïdes avaient pu leur donner les particules fe
rugineuses nécessaires pour leur coloration e
rouge, et si les marnes étaient moins souven
endurcies.

Les couches de ces roches sont en généra
peu épaisses, et de même que dans le nord d
l'Allemagne, des roches différentes se succède
avec une rapidité étonnante : ainsi, par exempl
dans l'espace d'une lieue, entre Nussdorf
Klosterneuburg, j'ai calculé qu'il y avait entr
trois à quatre cents couches différentes de grè
de marne et de calcaire, et dans la vallée d
Leierbacherthal dans l'Allgau, on en voit d

même un très-grand nombre présentant différentes inclinaisons.

Leur inclinaison est en général assez forte de 45° à 70° ou 80°, et quelquefois elle approche de la verticale; elle change souvent, par suite des contournemens des couches, comme on le voit, par exemple, au pied du mont Leoppoldberg près de Vienne; accident qui n'est dû qu'à la position de ce dépôt sur des surfaces très-irrégulières.

La distribution de ce terrain, dans la chaîne septentrionale des Alpes, est très-difficile à donner, à cause du petit nombre d'observations que nous possédons encore, et à cause des destructions qu'il a souffertes. La carte géologique de M. Beudant nous donne une idée approximative de l'étendue du grès bigarré de la Transylvanie, de la Hongrie, de la Galicie et de la Moravie. Sur les confins de la Silésie, de la Moravie et de la Hongrie, il ne se trouve séparé de la grauwacke que par une bande de calcaire plus ancien, et MM. Oeynhausen et Beudant l'y ont confondu avec le terrain de la grauwacke.

A l'ouest de Vienne, il forme, au nord du Danube, deux petits groupes de collines élevées au nord de Korneuburg, et sur la rive sud du Danube; ses limites méridionales connues sont Nusdorf, Sivering, Bertholsdorf, Heiligenkreuz, Saint-Veit, Rabenstein, et au nord Grafendorf, Sigartskirchen, Plaukenberg, Tülbing et le Danube. Mais outre cette masse qui, plus à l'ouest, continue le long des Alpes pour se cacher ensuite sous les agglomérats tertiaires, il en existe des portions dans les parties sud-ouest du bassin de Vienne, dans la montagne de l'Oetscher et dans le haut de la vallée de l'Ens (près d'Ad-

mont, etc.) et de la Steyer (1). Dans le Salzburg
ce dépôt se trouve plus avant dans la chaîn
calcaire des Alpes, comme à l'ouest de Hallstad
derrière la montagne salifère, près des mines d
sel d'Ischel, de Hallein, de Berchtolsgaden, d
Reichenhall et de Hall en Tyrol, au pont sur
Traun près d'Ischel, sur l'extrémité sud-est d
lac de Wolfgang et près de Wenfen.

Il y en a des portions dans la partie supérieur
de la vallée de la Traun près d'Antz, où il e
recouvert par les marnes crayeuses et les nage
flubs. On en rencontre sur les bords du lac T
gernsee, près de Buching, au lieu dit *Dei dr*
Mühlen, entre Weisbad et Wertach, et on en vo
des portions sous le nagelfluh à l'est de Kransi

Il abonde autour de Sonthofen, depuis le pi
du Gründten jusqu'au-delà d'Oberstorf et d'Ebn
et se trouve appliqué contre la pente du calcai
magnésien, qui s'étend depuis les monts Mäde
et Geisalp à Hindelang; il existe aussi de l'aut
côté de la vallée de Sonthofen, quoiqu'il y ait é
plus détruit, et on le retrouve dans le Vora
berg.

Enfin il est indiqué par les dépôts gypseux c
les marnes gypseuses de Helligencreuz près
Vienne, de Redelmoos, de Pelletbach, d'Iü
geralpe, d'Iachenau, de Garmish, de Breiten
chwang, du Kühnbüchelberg près de Weise
bach, de Rorlaberg dans le Werdenfels, de P
tenkirchen, de Reuti, de Faulenbach près
Tüssen, de Kühneberg près de Pfrondten, d
pied du Iochberg, près de Hindelang, etc.

---

(1) Communication de M. le comte Breuner et de M.
professeur Riepl.

Il ne serait pas difficile de montrer sa conti-
ation en Suisse et en Savoie et aussi sur le
sant opposé des Alpes, où il paraît sur-tout
onder dans le Tyrol et la Styrie, et où il
ne souvent origine à des sources salées, que
gouvernement autrichien ne néglige qu'à cause
l'abondance des dépôts salifères de ses états.
Il est presque inutile d'ajouter, après cette des-
ption, que c'est ce terrain, et non la grau-
cke, qui constitue une grande partie des Appen-
ns, sur-tout dans la Toscane (1).

Le *second calcaire secondaire* recouvre le grès
arré dans un grand nombre de localités, de-
is le Dauphiné et la Savoie, jusqu'en Autriche
en Styrie; mais dans l'extrémité orientale des
es et dans les Carpathes, il paraît que ce cal-
re n'existe pas en grandes masses particulières,
les alternations arénacées marneuses et cal-
res ne sont recouvertes par rien, ou par des
pôts plus récens que le muschelkalk.

La superposition de ce calcaire sur le grès bi-
rré se voit au mont Durrenberg et au Salzberg,
tre Hallein et Berchtolsgaden, à Ischel, à Halls-
lt et à Hall en Tyrol, au mont Oetscher en
triche, etc.: d'ailleurs l'opinion, généralement
ue des géologues, que les marnes salifères du
zbourg et du Tyrol sont encaissées dans le cal-
re alpin, montre assez qu'un calcaire recouvre
grès bigarré; d'un autre côté, il est essentiel
dire qu'on voit, soit à Alt Aussee, soit à
rchtolsgaden (dans la mine), le calcaire supé-
ur reposer en stratification non concordante

---

1) Voyez Brocchi et Vargas Bedemar, dans le *Journal*
Physique, tom. 68; et M. Brongniart.

sur la marne bigarrée, et il est sur-tout imp
tant de prouver que ce premier dépôt diffère
premier calcaire secondaire.

La position, la stratification régulière, la
ture compacte non magnésienne du musch
kalk des Alpes; ses silex cornés ou pyromaqu
et ses pétrifications abondantes, ont frappé t
les géologues qui ont visité les Alpes, et ce s
là aussi les marques les plus certaines que ce
caire est postérieur. Ces caractères parais
même suffisans pour classer la plus grande p
tie de ces calcaires, lorsqu'ils sont placés im
diatement sur le premier calcaire seconda
comme cela arrive très-souvent, quoique, d
autre côté, la ressemblance des calcaires fera
dans plusieurs points, les limites mathémati
ment exactes de deux dépôts seront toujours
trêmement difficiles à assigner.

Le calcaire jurasique est la seule format
calcaire de laquelle on pourrait être tenté de
procher le muschelkalk, c'est ce que M. Buckl
a cru devoir faire, faute de connaître exactem
le sud-ouest de l'Allemagne, où il devient
dent que le muschelkalk forme un terrain à p
aussi bien que le zechstein et le calcaire du J
et qu'il est séparé du lias et du calcaire jurasi
par le quadersandstein, et que par conséqu
deux dépôts secondaires manqueraient accid
tellement en Angleterre.

D'ailleurs, en partant de sa manière de voi
de la succession des terrains anglais, il faud
trouver sur le grès salifère le lias avec ses g
phites arqués, ses plagiostomes, ses ichtiosau
etc. Or, aucune roche semblable, presque
cune de ces pétrifications ne se présentent

sus du grès bigarré des Alpes allemandes. devient donc nécessaire d'y supposer le cal-e jurasique compacte et oolithique : or la na-e minéralogique de nos roches calcaires se proche infiniment plus de celle du mus-lkalk ordinaire du nord de l'Allemagne, que celle des calcaires jurasiques, et de plus l'on evoit les mêmes pétrifications que dans le schelkalk, quoiqu'on y en aperçoive d'autres, sont extrêmement rares, ou n'ont pas encore observées dans ce dernier dépôt.

l est fort possible que parmi ces fossiles il y it qui soient semblables ou même identiques : quelques-uns de ceux du lias ou du cal-e jurasique, puisque nous avons quelquefois mêmes espèces de térébratules, etc., dans plu-rs terrains différens; mais jusqu'à ce qu'on établi une comparaison soigneuse entre tous fossiles jurasiques et ceux du muschelkalk, e simple ressemblance de quelques pétrifica-s ne doit pas, il me semble, faire adopter ée de M. Buckland. Je le répète, cette opinion ce savant distingué vient uniquement de ce il n'a pas une idée nette du muschelkalk, et il n'a peut-être pas encore eu occasion de surer, dans le cabinet de fossiles de M. de oltheim, que nous avons en Allemagne, outre ias, une formation de calcaire coquillier plus ienne. D'ailleurs, ne possédant pas encore t l'ensemble des recherches de M. Buckland, me plais à croire que ce géologue, éclairé par nouveau voyage en Allemagne et par ce qu'on crit sur le muschelkalk, changera peut-être lée, et évitera ainsi de commettre une er-

reur assez semblable à celle que M. Steining géologue d'ailleurs distingué, a commise pa même cause, à propos du quadersandstei du calcaire jurasique du Luxembourg, qu classés, à cause de quelques bélemnites et n mulites, parmi les terrains tertiaires (1).

Si par hasard, d'un autre côté, il se trou que véritablement le lias anglais fût identi avec le muschelkalk, ce qui ne me paraît pas babable, je contesterais toujours l'identité de ce nier dépôt avec le lias de la France, que M. Bu land reconnaît cependant comme identique son lias anglais, ou bien il faut que ce géolo trouve moyen de distinguer les couches i rieures du lias à encrines de celles à gryphi et découvre ainsi en Angleterre les analog du muschelkalk des Allemands et du lias d Suisse et de la France.

Enfin, je suis loin, par là, de contester la sibilité qu'il y ait peut-être, dans quelques po des Alpes, immédiatement sur le muschel des portions de calcaire jurasique; mais rie paraît encore avoir prouvé l'existence de pa dépôts dans les Alpes allemandes.

Le *second calcaire secondaire* des Alpes fo au-dessus du premier calcaire secondaire, ou dessus des marnes bigarrées, des montagnes élevées, d'environ 1,000, 2,000 à 4,000 pied au-delà, de hauteur, et elles atteignent ainsi q quefois des hauteurs très-considérables au- sus de la mer : ainsi le mont Untersberg a 7

(1) Voyez son ouvrage et sa carte géologique des entre le Rhin et la Moselle.

eds; le hohe Watzman, 9,089 pieds, etc. Leurs mmets sont arrondis ou assez pointus ou bi-rrement découpés, comme les monts Barnstein ès de Hallein, et Hundskegel près d'Aussee; rs pentes sont très-rapides et même à grands arpemens verticaux, le long des lacs, des val-s ou des gorges.

On observe dans ces montagnes, comme dans muschelkalk du nord de l'Allemagne, que leur me dépend presque toujours de la stratification couches qui les composent. Ainsi, par exemple, couches contournées produisent des som-tés ondulées, comme le long de la vallée du eissthal, ou bien les neiges, les pluies et les ins ont plus ou moins déchiré ce contour, mme cela se voit bien, par exemple, sur les ds du lac de Hallstadt et de Königsee.

La nudité des cimes rocailleuses de ces mon-nes, et la décomposition blanchâtre de ces hes, donnent à ces sommités une teinte blanche t-à-fait particulière, comme cela se voit bien uis le haut du Hohen Rosen Kopel, près chel et près d'Aussee.

Le muschelkalk des Alpes se présente toujours couches assez peu épaisses, très-régulièrement tifiées, fort diversement inclinées et souvent tournées par suite de la surface inégale qu'elles ouvrent. Ainsi la coupe transversale du mont mersberg, le long de la Traun, près d'Ischel, se apercevoir des couches presque verticales, ourées de couches inclinant, les unes au sud, es autres au nord, et plus au sud des couches sque horizontales se relevant de chaque côté. evient aussi évident en général, par les con-

tournemens et la position des couches calca
entre Ischel, Hallstadt et Alt Aussee, que
marnes bigarrées salifères s'élèvent en émine
au nord d'Ischel, aux mines de sel d'Ischel
Hallstadt, et que ces trois convexités éle
sont réunies par de profondes cavités, dans
quelles sont situés les calcaires d'Ischel et
bords du lac de Hallstadt; dans la gorg
Rossmoss, au pied du Hohen Rosen Kopel
aperçoit déjà le commencement de l'émin
salifère d'Ischel, qui y est recouverte pre
entièrement jusqu'aux mines de sel par
masses considérables de calcaire coquil
Entre Ischel et Alt Aussee, il en est à-peu-
de même, à l'exception que la cavité du d
salifère ne paraît pas être si profonde, et sen
plutôt être une surface concave à petites pro
nences. A Hallstadt, l'amas salifère est pre
enveloppé de montagnes calcaires, dont la s
ture et les contours se règlent sur la form
premier dépòt. Enfin, une concavité natu
du muschelkalk paraît avoir donné lieu à la
lée de la Salza près de Hallein; tandis que le
caire est obligé, par l'éminence salifère du I
renberg, de former une haute convexité.

Le muschelkalk des Alpes n'offre que des
caires compactes ou d'une texture grenue p
culière (Hall en Tyrol), ou moins souvent d
structure oolithique particulière. Rarement o
observe, dans les assises inférieures, de féti
comme dans le Weissthal, au Salzberg prè
Berchtolsgaden; et dans les assises supérieu
il y a quelques calcaires jaunâtres, sembla
au muschelkalk magnésien supérieur de l'

ıgne, comme sur les bords du lac Tegernsee.
Ces calcaires sont la plupart veinés, comme
ıx du nord de l'Allemagne, et ces petites
nes spathiques ne sont pas le plus souvent
ne structure et d'une nature tout-à-fait iden-
ues avec les petits filons des calcaires inter-
édiaires; mais, en général, elles sont plus pe-
es que ces dernières.

Les couleurs de ces roches sont le gris blanc,
gris noir, le blanchâtre, le blanc jaunâtre, le
s brunâtre, le jaune brunâtre (Leisiling, Pfan-
), et plus rarement le brun rougeâtre; quel-
efois ces trois dernières variétés sont réunies
ssez souvent coquillières, et donnent ainsi des
rbres nuagés ou tachetés, qui reçoivent un
i assez agréable, et qui passent vulgairement
ıs le nom de marbres de Salzbourg. On les
loite sur-tout dans la vallée de Weissthal, à
t de Hallein, et au mont Untersberg, mon-
ne fameuse, soit par ses lacs souterrains à
teusanguineus, soit par les enchantemens qui
vent y avoir eu lieu.

Dans la belle Glyptotek, ou le musée des an-
ues de Munich, l'on peut facilement aperce-
r l'identité de ces marbres avec ceux que donne
nuschelkalk de Baireuth, tandis qu'on en dis-
gue parfaitement le calcaire de transition, et
marbres du lias du pays de Baireuth, qui ne
nd jamais un beau poli. Les marbres du mus-
lkalk acquièrent, par le poli, un éclat entre
ui du calcaire intermédiaire, et le calcaire li-
graphique jurasique ou des lumachelles de
ncy.

On observe dans ces roches et sur-tout dans

celles qui sont gris noirâtre ou blanchâtres, u
assez grande quantité de concrétions siliceu
ou de rognons de silex corné jaspoïde ou pyr
maque gris, noirâtre ou rougeâtre : ces mas
se fondent plus ou moins avec le calcaire,
ressortent par la décomposition, comme au l
dit Pfandel, où elles reposent à stratification c
cordante sur des marnes bigarrées endurci
De petits nids de fer sulfuré, changé quelq
fois en fer hydraté, s'y rencontrent rareme
comme à Hennerdorf.

Les seules roches subordonnées à ce dé
sont des lits de marne calcaire qui se voient
et là, sur-tout près du contact des marnes s
fères, comme dans la gorge de Rossmoos, p
des mines de sel d'Ischel ; et si l'on veut co
ter encore comme muschelkalk les calcaires se
blables non coquilliers des marnes salifères, t
le dépôt de sel gemme d'Ischel, etc., serait al
enclavé dans la partie tout-à-fait inférieure
muschelkalk.

En effet, en montant aux mines de sel d'Isc
et dans les galeries, l'on observe évidemm
sous la masse salifère, des alternations de mar
schisteuses grisâtres ou grises-noirâtres, et
calcaire assez compacte, sans fossiles, de mê
couleur, et quelquefois un peu fétide et à
gnons de silex ; tandis qu'à 400 pieds plus h
l'on voit le muschelkalk coquillier reposer
tinctement sur les marnes bigarrées, com
près du réservoir d'eau pour les machines, d
le lieu appelé Rheinfels, et dans la gorge hum
et tourbeuse de Rossmoos.

Ces faits avaient conduit les géologues à

rdonner la masse salifère à leur calcaire alpin;
ais réellement elle se trouve entre des roches
ın calcaire plus récent que la plus grande
asse de ce calcaire ancien; ce qui est tout-à-
t analogue à ce qu'on remarque dans les dé-
ts salifères du Wurtemberg, de la Lorraine et
pied des Pyrénées. Sans ces derniers faits, on
urrait supposer que le muschelkalk a rempli
un angle rentrant dans les marnes, et que
iclinaison de ses couches est par hasard con-
me à celle de ces roches; mais cette supposi-
n serait d'ailleurs rendue assez peu probable
r la grandeur de l'angle et par la régularité
'on a observée dans la superposition de ces
sses l'une sur l'autre. Ainsi le mineur, arrivé
'amas salifère dans une galerie supérieure au
ut de 800 toises, et dans la galerie la plus in-
ieure au bout de 1500 toises, peut calculer
s-juste, d'après l'inclinaison des couches de
° à l'ouest, l'épaisseur des roches stériles qu'il
ra à traverser encore plus bas, ou dans les
nts intermédiaires entre les deux galeries
ées.

Les pétrifications de ce calcaire sont des moules
s ou moins indistincts, qui donnent aux
ques de marbre une surface bosselée ou des
rifications spathiques: ce sont des restes d'en-
nes (*E. liliiformis*, Schloth.) (Weissthal, Te-
nsee); des peignes, et en particulier le *pecten*
inarius de Schlotheim (Alt Aussee, Hallein);
térébratules lisses (Salzberg à Hall), et striées
ıssee); des ammonites (*A. nodosus*, Schloth.)
llée de Weissthal Rossmooss); des nautiles
hneeberg près de Vienne, et l'extrémité sud-

est du lac de Hallstadt); des modioles (*myt*
socialis de Schlotheim) (Tegernsee); des str
bites, des turbinites (Hall); différentes bi
ves; des piquans d'oursins (entre Obertra
Aussee; des astrées (Aussee); des caryop
lies; des tubipores (dans un calcaire noir
d'Afternau dans le Salzburg); des millepore
des alcyons, qui forment sur la roche décom
sée des éminences, comme près de Hallstadt
Rossmooss.

La fréquence de ces dernières pétrificat
dans certains endroits du muschelkalk alpin
le seul caractère qui m'ait frappé, et qui n
fait hésiter quelque temps à admettre qu'
appartinssent au muschelkalk, qui, du re
en renferme aussi çà et là.

La distribution du muschelkalk des Alpes
les dépôts plus anciens est une des gra
causes qui ont fait qu'on l'a si long-temps
connu et confondu avec le zechstein, sou
nom de calcaire alpin ou de calcaire alpin ré
Les environs des grands amas salifères son
localités où son étendue est la mieux con
jusqu'à présent, et ce dépôt se trouve donc
avant dans la chaîne de calcaire magnésien
Alpes, non loin du commencement du te
de transition. Il forme, autour de Berchtol
den, les monts Untersberg et Lattenberg, s
entre cette ville et Reichenhall; il remon
long de l'Alm, et de l'autre côté de cette ri
il constitue la chaîne du Gollinger-Alpe, le
renberg, et toutes les belles montagnes au
du lac pittoresque de Konigsee. Il enclave d
hautes chaînes et de ses sommités blanche

s vraiment suisses de Hallstadt et d'Aussee; il
rme, derrière les mines de sel d'Ischel, les
uteurs jusqu'autour d'Aussee, et il se voit,
même, en Tyrol, au Salzberg près de Hall. Il
pose sans intermédiaire sur le calcaire ma-
ésien, près d'Ebenau, et y offre des coupes
perbes dans ses montagnes, d'environ 1,000
,000 pieds de haut, qui bordent la vallée de
eissthal, et sa stratification l'y distingue sur-
t, comme ailleurs, du dépôt calcaire plus an-
n.

l y en a, dans la même situation, des lam-
ux dans les gorges des montagnes de calcaire
gnésien du lac Tegernsee, près de Füssen, en
ticulier à Rocheleck, à la Rothewand, au
ischkammer, près Hohen; à Schwangau, sur
pente nord du Gründten, à Spielmansau,
dessus d'Obersdorf, et dans le Voralberg.
s loin, en Suisse et en Savoie, les écrits des
logues, en particulier du célèbre M. Escher,
indiquent des masses considérables; au sud
Genève, il me paraît qu'il y en a de grands dé-
s, par exemple, dans le mole et dans certaines
ntagnes qui s'étendent au lac d'Annecy, et
s loin dans le Dauphiné. A l'autre extrémité
Alpes, il y en a des portions étendues, non
des terrains de transition, sur les limites de
tyrie, comme à l'Œtscher près de Mariazell,
Schneeberg, et enfin il y en a aussi dans les
pathes et dans le milieu de la Hongrie, comme
re Dotis et Sullö, etc.: c'est le calcaire à en-
es récent de M. Beudant. Il existe aussi sur le
sud des Alpes, comme en Croatie, dans le
onais, et je serais fort tenté d'en rapprocher

le calcaire qui recouvre, dans les Appennins, le grès bigarré ou le grès des Appennins (macigno) qui ont peut-être été, tous les deux, mal class[és] jusqu'à présent.

De toutes les *formations secondaires pos[té]rieures au muschelkalk*, l'on ne retrouve guè[re] dans les Alpes allemandes que le grès vert et [la] craie; néanmoins en Autriche, il existe peu[t-]être, au sud de Vienne et sur les frontières de [la] Styrie, quelques lambeaux de *quadersandst[ein]* et de *lias*. C'est entre Piesting et Pleningbach, [et] même plus au sud, qu'on observe un dépôt a[re]nacé et marno-calcaire tout particulier, qui [est] resserré entre les escarpemens à pic des mo[n]tagnes de muschelkalk, appelées Auf der Wa[nd] et les montagnes moins élevées de zechstei[n] qui bordent la plaine, et qui renferment, en[tre] Willendorf et Zweiersdorf, des calcaires magn[é]siens ferrugineux, traversés par un amas [de] roche serpentineuse. Les limites plus exactes [de] ce terrain sont Piesting, Emersberg, Rosenth[al,] Pfeningbach, Grunbach, Mahrersdorf et Drey[s]tetten, et on en voit encore au nord et au s[ud] de Willendorf. Les couches de ce dépôt cour[ent] de l'est à l'ouest, et inclinent fortement au n[ord] ou sont même verticales. Les roches qu'on y [re]marque sont des poudingues, des grès, des g[rès] marneux, des calcaires marneux, des marnes, [et] une variété remarquable de lignite. Les agg[lo]mérats paraissent occuper les parties inférieu[res;] ils sont plus ou moins grossiers, leur pâte m[ar]neuse est grise foncée, ou rougeâtre (Stollh[of),] et leurs fragmens présentent des schistes int[er]médiaires, du schiste siliceux, du quarz bla[nc]

rosâtre, des calcaires intermédiaires, du
chstein et du muschelkalk, comme cela se voit
en à Dreystetten et Stollhof, où ces roches,
rtement cimentées, alternent avec des grès
s ou rougeâtres, quelquefois à parties végé-
es, et ressemblant à certains quadersandsteins.
s grès marneux sont grisâtres, et divisés en
nd nombre de lits, et ils renferment souvent
ucoup de pétrifications, telles que des discor-
es, des hamites, des madrépores, de grands
tiloïdes de 3 à 5 pouces de long, des myes (?),
grands cônes et des individus peu distincts
la famille des oursins. Ces restes organiques
trouvent à Grunbach, et entre ce village et
eyersdorf, et des calcaires arénacés gris rou-
tre offrent, au nord de Willendorf, des en-
nes.

Les calcaires marneux sont compactes, gris
uâtre, et en amas au milieu des agglomérats,
nme à Piesting, où ils renferment des impres-
ns d'une petite bivalve, voisine des tellines,
l'autres qu'on pourrait rapporter à des trigo-
s, si elles ne proviennent pas de hamites. Les
rnes schisteuses sont grises ou gris noi-
e, et contiennent çà et là des impressions
nonocotylédons, à feuilles lancéolées, angu-
ses, comme à Stollhof, Dreystetten et Mah-
sdorf. Cet accident n'a guère lieu que près des
s (Piesting), amas ou bancs de lignite, qui
t encaissés au milieu de roches marneuses,
z bitumineuses et à coquillages calcinés, qui
apportent au genre cérithe, au genre moule,
deux autres genres, l'un voisin des natices,
'autre des tellines.

le calcaire qu
grès bigarré
qui ont peut
jusqu'à prése

De toutes
rieures au m
dans les Alp
craie ; néan
être, au sud
Styrie, que
et de *lias*.
même plus
nacé et m
resserré e
tagnes de
et les mo
qui borde
Willendo
siens fe
roche se
ce terrai
Pfening
tetten ,
de Wil
de l'est
ou son
marqu
marne
une va
mérats
ils son
neuse
et leu
média

rrain problématique comme une forma-
molasses à lignite inférieure, tandis que
asses et les lignites qui recouvrent ma
ue craie seraient analogues à certains dé-
lignite supérieure au calcaire grossier
ouge).

ès *vert*, la *craie chloritée* et *la craie mar-*
les Alpes, ont déjà été très-bien décrits
I. Uttinger et Lupin (1), qui ont reconnu
ôt secondaire fort récent; depuis, MM. Bron-
et Buckland ont montré que ces dépôts
ent aussi en Suisse et en Savoie.

forment, dans les Alpes allemandes, quel-
parties des promontoires des Alpes : ainsi,
trouve près de Sonthofen, sur la pente sud
rundten et du Bolgen, jusqu'à la montagne
lée la Wertacheralpe, et dans le Voralberg;
bien ils constituent de petits groupes de
teurs, comme le Gallon, le Kressenberg, près
Neukirchen, non loin de Traunstein, entre
senartz et Sandnock dans le Teisendorf, et le
ausrück, éminences qui sont en partie cou-
ertes de dépôts anciens d'alluvion.

Cette formation est composée de couches for-
ement inclinées, ou quelquefois même verti-
ales, courant, dans le Voralberg et l'Allgau, de
ouest à l'est, et, dans le Kressenberg, de l'ouest
ud-ouest à l'est nord-est; elle s'élève en hautes
ontagnes pointues, comme le Gründten et le
idlergerhorn, où elle atteint une hauteur au-
elà de 5,000 pieds au-dessus de la mer, et même

(1) Voyez *Neue Jahrbücher*, de Moll, vol. 2; et Leo-
hard, *Taschenbuch*, 1813.

Le combustible ne paraît former qu'un se
banc, qui se retrouve çà et là : on a essayé
l'exploiter dans plusieurs localités ; mais on
réussi qu'au lieu dit Lettograben ou Leitergr
ben, entre Zweyersdorf et Mahrersdorf. La couc
verticale de jayet, noire, ressemblant à la houil
y renferme des nids d'une résine fossile, jau
de paille, et elle n'occupe, avec les roches m
neuses, que quelques toises entre deux murs
calcaire secondaire ancien.

On voit, par cette description, d'un côté, q
ce dépôt est postérieur au grès bigarré des Alp
dont il a peu les caractères, et, de l'autre, q
ne peut être rapproché des molasses et des n
gelfluhs, parce que ces derniers n'offrent jam
ces fossiles, et parce que notre terrain se trou
placé sous le poudingue ou le sable calcaire
le calcaire crayeux à coraux et à nummulites
bassin autrichien.

Les observations minutieuses que j'ai faites
ce dernier dépôt ne m'ont guère laissé de doute
ce ne fussent le grès vert et la craie, et je me cr
autorisé à adopter ce classement, malgré les
semens de mastodonte, et d'un animal voisin
chevreuil et du mouton, que M. Cuvier y a
connus. Il s'ensuivrait donc qu'on serait obl
d'y voir, avec les géologues anglais, du q
dersandstein et du lias ; car il y a impossi
lité physique de le réunir au poudingue calca
ou grès vert autrichien.

D'un autre côté, si mon classement des p
dingues et des calcaires crayeux était fautif, e
on parvenait à rattacher ces dépôts au calca
grossier inférieur, l'on pourrait alors regar

notre terrain problématique comme une formation de molasses à lignite inférieure, tandis que les molasses et les lignites qui recouvrent ma prétendue craie seraient analogues à certains dépôts de lignite supérieure au calcaire grossier (Montrouge).

Le *grès vert*, la *craie chloritée* et *la craie marneuse* des Alpes, ont déjà été très-bien décrits par MM. Uttinger et Lupin (1), qui ont reconnu un dépôt secondaire fort récent; depuis, MM. Brongniart et Buckland ont montré que ces dépôts existaient aussi en Suisse et en Savoie.

Ils forment, dans les Alpes allemandes, quelques parties des promontoires des Alpes : ainsi, on les trouve près de Sonthofen, sur la pente sud du Gründten et du Bolgen, jusqu'à la montagne appelée la Wertacheralpe, et dans le Voralberg; ou bien ils constituent de petits groupes de hauteurs, comme le Gallon, le Kressenberg, près de Neukirchen, non loin de Traunstein, entre Eisenartz et Sandnock dans le Teisendorf, et le Hausrück, éminences qui sont en partie couvertes de dépôts anciens d'alluvion.

Cette formation est composée de couches fortement inclinées, ou quelquefois même verticales, courant, dans le Voralberg et l'Allgau, de l'ouest à l'est, et, dans le Kressenberg, de l'ouest sud-ouest à l'est nord-est; elle s'élève en hautes montagnes pointues, comme le Gründten et le Sidlergerhorn, où elle atteint une hauteur au-delà de 5,000 pieds au-dessus de la mer, et même

(1) Voyez *Neue Jahrbücher*, de Moll, vol. 2; et Leonhard, *Taschenbuch*, 1813.

de 5,745 pieds. Dans le Voralberg, elle monte auss
assez haut contre le pied des Alpes calcaires; ca
M. Lupin l'a trouvée, au mont Sterzlaberg, en
core à 6,369 pieds, tandis que, dans l'est de l
Bavière, ses éminences ne s'élèvent guère au
delà de 1000 pieds sur la plaine; ce qui vien
peut-être de leur éloignement de la grand
masse calcaire des Alpes, et de leur position e
partie sur le grès bigarré de la vallée d'Eisenart
et en partie sur la proéminence isolée de calcai
magnésien de la cime du Kressenberg. Les pent
de ces montagnes présentent des escarpemen
dans les endroits où les craies dures ou les ca
caires crayeux abondent, comme au Gründten
à Eisenartz, tandis que les marnes crayeus
produisent, par leur décomposition, des pent
douces, et n'offrent des murailles presque vert
cales que par suite d'accidens ou d'éboulemen
comme cela se voit au-dessus de Winkel, près d
Sonthofen.

Le *grès vert* est composé, comme en Franc
de grès quarzeux, de grès vert proprement di
et de grès ferrugineux, et il alterne, dans les pa
ties supérieures, avec des marnes et des ca
caires brunâtres à nummulites, qui sont que
quefois assez ferrugineux. Au-dessus de c
masses, viennent sur-tout les craies chloritée
dures, blanchâtres, et enfin les marnes crayeus
grisâtres.

Ces dépôts ne peuvent être rapprochés qu
du quadersandstein et du calcaire jurasique o
des terrains tertiaires ; mais quoiqu'ils sem
blent reposer sur le muschelkalk du Gründte
la nature de ces roches, leurs parties vertes,

série de leurs pétrifications, identiques en tout
ec celles du grès vert et de la craie de la
ance, de l'Angleterre et de l'Allemagne, ne
rmettent pas de faire ce rapprochement, et sa
sition sous la molasse, ajoutée aux raisons
écédentes, n'admet pas, d'après ce que nous
ons vu dans le sud-ouest de la France, la
nparaison de ce terrain avec le sol tertiaire.
est un des plus beaux exemples que nous ayons
s de l'utilité des pétrifications pour la détermi-
tion des terrains, et nous avons pu d'autant
us y avoir confiance, que les fossiles de la
aie sont ceux qui sont le mieux connus après
coquillages tertiaires.

Je suis cependant loin de croire que l'état de
s connaissances en pétrifications et en histoire
turelle nous permette déjà de baser l'étude
ologique des terrains secondaires uniquement
r leurs dépouilles fossiles (1), et sur-tout qu'il
ut bien se garder de prononcer, ou même de
njecturer seulement, d'après un petit nombre
fossiles analogues, que tel ou tel terrain ap-
rtient à telle ou telle division.

D'après ces principes, j'ose dire que j'ai encore
plus grands doutes sur l'existence du calcaire
ossier dans les Diablerets, et parmi les erreurs
a conduit la marche contraire, je releverai,
nme exemple, celles commises par MM. Stei-

---

1) Voyez, à ce sujet, l'essai que M. Haussmann a fait de
ctériser par les fossiles différens groupes de chaque for-
ion secondaire de Westphalie (*Mém. géognostique* de
OEynhausen, dans le huitième volume des *Archives de
t des mines* de Karsten. (1624.)

ninger et Buckland. Si donc des géologues et
zoologistes expérimentés peuvent arriver a
à des conclusions fausses, combien, à plus fo
raison, les géologues peu habiles dans ce ge
d'étude doivent-ils se défier de leurs observati
sur les fossiles !

Le *grès quarzeux* est fort compacte et
sâtre ou gris brunâtre ; il ne se voit guère q
Gründten, où il forme une assise très-puissa
d'environ 100 pieds d'épaisseur, comme
peut bien le voir près de Burgberg, dans le
dit Schanzel, où la roche court de l'est à l'ou
et incline au sud sous un angle de 60°.

Le *grès vert proprement dit* est assez fi
tout-à-fait semblable, soit à celui du midi d
France, soit à celui de Ratisbonne ou du Ha
il passe à un grès marneux noirâtre ou à un
caire marneux chlorité, qui renferme, com
par-tout ailleurs, des rognons de calcaire d
plus foncé, comme cela se voit au lieu dit Sch
zel, où une couche semblable coquillière sép
le grès quarzeux de la craie chloritée, et où
nids plus durs ont l'air de dériver quelquefoi
pétrifications indistinctes.

Le *grès ferrugineux* est plus grossier, brun
geâtre, et est composé de grains de quarz e
parties globulaires de fer hydraté brun r
geâtre ; rarement le grès est coloré par le fer
rouge de brique, comme au lieu dit Auf der M
sur la route de Traunstein, à Reichenhall, et
fragmens de marnes endurcies bigarrées s'y vo
quelquefois à Sonthofen. Le fer hydraté, plus
moins abondant dans ces roches, en fait
objet d'exploitation. Ainsi, à Neukirchen, il

es couches d'environ 2 à 6 pieds d'épaisseur, ui sont si ferrugineuses et si peu arénacées, u'on les exploite entièrement comme minerai, ndis que sur la pente sud du Gründten, près de onthofen, les parties ferrugineuses sont plutôt ar grands paquets dans des grès moins ferrifères.

Ces minerais sont noirâtres ou rougeâtres : les remiers sont réputés les meilleurs; on les voit ar-tout vis-à-vis de Neukirchen, dans la mine te de Salzburg. Ils sont traversés de petits lons de spath calcaire, qui se trouvent quelque-ois dans des druses en cristaux, si ma mémoire e me trompe pas, de la variété cuboïde de . Haüy.

Ces dépôts de fer se voient encore près de ornbirn, dans le Voralberg, au Fuchsholz, près e Rinzeln, dans la vallée de Walserthal, et il y a des traces à la sortie du vallon de Leierba-herthal, près de Sonthofen.

Au-dessus de ces roches alternant avec des arnes plus ou moins chloritées, ou entre les ouches de ces roches, vient le *calcaire compacte* une brunâtre, brunâtre et brun rougeâtre, en artie imprégné de fer hydraté, et pétri, comme s roches ferrugineuses, de *nummulites* et d'au-es fossiles. Ces masses se voient près de Burg-erg, d'où elles s'étendent aux mines de fer sur pente sud élevée du Gründten (1). On les re-ouve au Schwarzenberg, près de Meiselstein, à isenartz et au Kressenberg. Dans cette dernière calité, elles existent des deux côtés des cou-hes exploitées dans la mine la plus orientale, et

(1) Voyez Uttinger, Leonhard, *Taschenbuch*, 1813.

les écroulemens des galeries anciennes et le d'un ruisseau donnent beaucoup de faci pour son étude dans cette dernière localité.

La *craie chloritée* est toujours dure et bl châtre et à petits filons spathiques; elle paraî trouver sur les marnes chloritées endurcies in rieures, et aussi sous les grès ferrugineux et s le calcaire à nummulites, comme cela se voit p de Sidelsdorf, d'Eisenartz, à Schwarzenberg Burgberg, et au travers du mont Gründten, dans le Mittel ou Reisigberg, où ces roches clinent toutes au sud, sous un angle de 6 parce qu'elles reposent sur une proéminence grès bigarré et de muschelkalk, tandis qu'au K senberg elles inclinent presque verticalem au nord-nord-ouest. De semblables roche voient aussi, suivant M. Lupin, au Sterzlab et entre Alstetten et Hinang, dans la vallée l'Iller.

Des *marnes* quelquefois argileuses parais former des lits entre les roches précédentes sont çà et là assez bitumineuses, ou même r ferment un peu de lignite compacte passan l'anthracite (Gründten).

Du reste, la présence des substances végét est aussi indiquée dans ce dépôt, comme France, par quelques fragmens de bois silic trouvés près de Feisendorf, et par des roguons t rares d'une belle résine fossile particulière, ja bruuâtre (1), qu'on a trouvée accompagnée d peu de bitume asphalte, dans le minerai de de Sonthofen et du Kressenberg. Je ne sais

(1) Voyez Wagner, *Éphémérides de Moll.*

l faut attribuer à cette cause seule l'odeur em-
reumatique des grès ferrugineux et coquilliers
ı Kressenberg.

Les *marnes crayeuses* sont schisteuses, grisâ-
es et traversées quelquefois de petits filons spa-
iques; on ne les distingue que difficilement
s marnes tertiaires et secondaires par leur
anque de paillettes de mica, et elles se cachent
plus souvent sous des dépôts tertiaires plus
ı moins récens, comme dans le Hausrück, entre
delsdorf et Neukirchen au sud d'Eisenartz, et
-dessus de Winkel, près de Sonthofen.

Les pétrifications fort nombreuses de ce dépôt
nt des moules, ou bien le test, où le tégument
l'animal marin est changé en spath calcaire
anc compacte. Elles se trouvent sur-tout dans
s calcaires et lès grès ferrugineux; il y en a aussi
ns la craie chloritée et dans les grès marneux
rts; mais elles sont fort rares dans les marnes
ayeuses, et il n'y en a point dans le grès quarzeux.
Ce sont des nummulites, des ammonites (*am-
onites planulatus* et *lœvis*, Schloth.); des nautiles
/. *aperturatus*, *angulatus*, *bisiphilus*, Schloth.);
s inocérames, des bélemnites (*B. giganteus* et
gulatus, Schloth.); de très grandes huîtres, des
nax (*D. subtrigoneus*, Schloth.); des dicéras,
s buccardes (*B. cardissæformis*, Schloth.); des
rébratules (*T. vulgaris var. à* Schloth.); des so-
ns (*S. diluvialis*, Schloth.); des tellines (*T. poli-
s* et *corbularis*); des mytilus, des myes, des
nus, des plagiostomes (*P. spinosa*); des arches,
s peignes, des patelles (*P. vetustus*); des tro-
us (*T. coccentricus*); des turbots, des cônes
ands et petits, des murex, des strombes,

Schloth.; des volutes, des nérites, des bucci (*B. vulpeculus*). Enfin on y voit des scopul beaucoup d'ananchites et de clypéastres (*echin hectagonatus* et *conoïdeus* ou *istriacus*); des c bes, qui ressemblent à ceux de la craie chlori des Landes et des environs de Hanovre, tr rarement des dents de squales, peut-être au des débris d'encrines (Briudten), et l'*asteria tellaris* de Schlotheim (1).

Ces fossiles ne sont pas également distrib dans les différentes masses crayeuses de la vière. Ainsi, les inocérames n'existent, à ma c naissance, que dans le calcaire noirâtre sabl neux chlorité et ferrugineux, au-dessus du g quarzeux de Burgberg, et les dicéras ne se s offerts à moi que dans les calcaires blancs co pactes à nummulites et à huîtres du mont Grü ten. Les crabes et les bélemnites abondent lement dans l'Allgau, tandis qu'ils sont d' excessive rareté dans le mont Kressenberg; dans l'espace de douze ans, on a remar deux crabes. Les grandes huîtres y sont, au c traire, en grande quantité dans les grès, et n voient, dans le Gründten, que dans le calc chlorité blanc. En général, dans le dépôt or tal de la Bavière, la craie paraît renfermer plu dépouilles fossiles bien conservées que la c de la masse occidentale, et c'est là qu'on a

(1) M. Schlotheim a cité par erreur plusieurs de ce siles comme venant de Berg ou Bergen, dans l'Ansp tandis qu'ils venaient de Neukirchen, qui est à deux n environ de Bergen, sur le lac Chiemsee, où sont les deries de fer.

uvert la plus grande partie des univalves, les valves rares, telles que les solens et les ammo- es, qui sont assez rares, et qui existent en rticulier, au Gründten, dans la marne verte fer- gineuse et endurcie.

Outre les localités déjà citées du grès vert et la craie, on les revoit encore dans plusieurs droits du Voralberg, comme près de Sigis- fen, dans le Walserthal, à Dornbirn, au mont hwartzenberg près de Meiselstein, et au hlossberg près de Maria Hilf. Ce dépôt paraît prolonger de là en Suisse. D'abord certaines trifications indiquées par M. de Schlotheim, ns le canton de Saint-Gall, doivent l'y faire upçonner, puisqu'elles ne peuvent pas faire rtie des terrains tertiaires de ce pays; ensuite connaît des calcaires crayeux chlorités, à mi- rais de fer en grains et à nummulites, peignes huîtres, sur les bords du lac de Lowerz, dans canton de Schwitz, près de Pfefers, de Sand- n et de Fluhli, dans la vallée du Melchthal. ns la Suisse occidentale, il y a long-temps que rber avait indiqué, à 7 ou 8,000 pieds de hau- ur, un dépôt pareil et coquillier dans les Dia- erets, sur le mont Taveyaunaz, au grand Meu- an, près la tour d'Anzeindaz, entre le Meuvran les Diablerets, à la dent de Morcle et à la dent Midi (1); et enfin MM. Buckland et Bron- iart en ont encore découvert à la pointe de Va- ns et à la montagne des Fis.

Cette description de la craie de la Bavière, et sa sition vis-à-vis du calcaire jurasique, qui ren-

(1) Voyez *Jahrbücher* de Moll, volume 2, page 13, 1798.

ferme les dépôts du calcaire schisteux à écrevis
et poissons d'Aichstadt et de Solenhofen, po
raient tenter le géologue de rapprocher ceux-ci
la craie, si l'on n'apercevait pas dans ces pier
lithographiques la nature et les pétrifications
la roche jurasique, tandis que les fossiles ne so
nullement les mêmes que ceux de la craie
Alpes, et si enfin l'on ne retrouvait pas le g
vert et la craie chloritée au-dessus du calcaire
rasique de Ratisbonne.

Telles sont les classifications géologiques au
quelles mes voyages dans les Alpes m'ont co
duit. Tout mon édifice me paraît solide, éta
basé sur des faits de superposition et des comp
raisons de fossiles, et je suis bien curieux de co
parer ces résultats à ceux que va me don
mon voyage sur le versant sud des Alpes.

DESCRIPTION ET EXAMEN

D'UNE

MACHINE SOUFFLANTE A TONNEAUX;

PAR M. D'AUBUISSON,

Ingénieur en chef au Corps royal des Mines.

, y a trois ou quatre ans que me trouvant aux
rges du canton de Fumel, département de Lot-
-Garonne, on m'y parla d'une nouvelle espèce
e machine soufflante qui venait d'être établie,
ans le voisinage, à la forge de Ratis par M. La-
azure, fondeur de Rouen, qu'une entreprise
vait attiré dans le pays, et qui avait affermé
uelques usines.

Sur une courte description qui me fut faite de
ette sorte de soufflets, je ne fus pas tenté de me
étourner de ma route pour aller la voir : je la
geai défavorablement, disant qu'elle ne pou-
ait condenser l'air que faiblement, et qu'elle
evait présenter un grand espace d'où ce fluide
e pouvait être expulsé.

Mais, dans le mois de novembre dernier (1823),
ne affaire de service m'ayant conduit à Ratis, je
s la nouvelle machine : elle y était placée sous
n petit hangar, en avant de l'usine; elle ser-
ait à une petite forge catalane, et quelquefois
ncore à un feu de martinet. Je fus d'abord frap-
é de sa grande simplicité, et puis du peu d'eau
u'elle dépensait : j'y adaptai un pèse-vent à

mercure ; il monta à 28 millimètres, et s'y
assez fixement. Je ne pus douter alors qu'elle
fût dans le cas d'être souvent employée a
utilité, et je l'étudiai avec soin.

Certainement une machine aussi simple n
pas nouvelle, mais il n'en est pas moins
qu'elle est très-peu connue ; je n'en avais pa
moindre idée ; elle n'est point mentionnée d
nos livres usuels sur les usines, et il n'en est n
lement question dans le *Journal* et les *Ann*
des Mines. En conséquence, j'ai pensé que
description et son examen pourraient occu
une place utile dans ce Recueil de mémoires
l'exploitation des mines et usines.

Après l'avoir décrite succinctement, j'exa
nerai et discuterai son effet, et je le compar
avec celui de nos autres machines soufflante

Description et jeu de la machine.

Cette machine, représentée *Pl.* IV, consist
deux tonneaux ordinaires, *a*, *a* (*fig.* 1 et 2), cer
en fer, et ayant, dans œuvre, 1m,60 de diamè
et 1m,20 de long. Ils sont suspendus horizont
ment par deux tourillons fixés à leurs for
Chacun est divisé, à l'intérieur, en deux comp
timens, par une cloison qui s'arrête à 0m,40
dessus de la partie inférieure. Le fond antéri
celui qui est du côté du foyer de la forge,
percé de deux ouvertures garnies de soupap
et par lesquelles le vent sort des deux compa
mens. L'autre fond présente deux pareilles
vertures pour l'entrée de l'air. Sur la partie su
rieure de chaque tonneau est un trou de bon
par lequel on introduit l'eau dans l'intérieur ;
le vide, à volonté, à l'aide d'un robinet adapt

a partie inférieure : lorsque la machine est en eu, chaque tonneau est à moitié plein d'eau.

Les deux ouvertures de sortie du même ton-eau sont embrassées par le gros bout d'un uyau en cuivre laminé *b*, fait et contourné en orme de trompe (*fig.* 3), et dont le petit bout st et demeure continuellement dans le prolon-ement de l'axe de suspension du tonneau.

A ce petit bout on adapte et ficelle une poche u tuyau de cuir *c* (*fig.* 2), lequel est lié, par son au-re extrémité, à un tuyau de fer-blanc *d*; celui-ci orte le vent dans une petite caisse *e*, d'où il se end, par la buse *f*, au foyer de la forge.

Une bielle, ou barre de fer *g*, est fixée, par un e ses bouts, à un des fonds de chaque tonneau, t, par l'autre, à une roue dentée *h*, ainsi u'on le voit dans les *fig.* 1 et 2. Chacune de ces oues dentées engrène dans un pignon porté par 'arbre de la roue hydraulique à augets K.

Celle-ci reçoit l'eau motrice par une sorte de rémie, dite *bec de canne*, et dont l'orifice rec-angulaire a $0^m,29$ de long et $0^m,027$ de large. a hauteur de l'eau dans le réservoir de la forge, u-dessus de cet orifice, est de $2^m,55$.

La roue hydraulique transmet, par son *mou-ement de rotation*, et à l'aide des roues dentées, aisant ici l'office de manivelles, un *mouvement le va-et-vient* aux bielles, lesquelles donnent ux tonneaux un *mouvement d'oscillation* autour le leur axe. La grandeur des oscillations est le 96°, et leur nombre est de 13, par minute, orsque la machine est en pleine activité. Par suite lu mouvement oscillatoire, le tuyau de cuir est égèrement tordu, tantôt dans un sens, tantôt dans in autre; le reste de la machine demeure fixe.

Lorsqu'un tonneau se meut, sa cloison se ra
proche, d'une part, de la superficie de l'eau i
térieure, laquelle reste horizontale : par l'effet
ce rapprochement, l'air contenu dans le compa
timent *b* (*fig.* 4), entre la cloison et la superficie
liquide, est comprimé ; par suite de cette co
pression, sa force élastique augmente ; il ouvre
soupape de sortie, passe dans les tuyaux susm
tionnés, et arrive au feu de la forge. Durant
même temps, il se fait un vide, ou, mieux, l'air
raréfie dans l'autre compartiment *a*, et l'air
térieur vient le remplir en soulevant la so
pape d'entrée. Pendant l'oscillation suivant
cet air nouvellement arrivé est comprimé
expulsé à son tour, et le compartiment d
vidé se remplit de nouveau, ainsi successi
ment : de sorte qu'à chaque oscillation il s
d'un des deux compartimens de chaque to
neau un volume d'air égal à la différence entr
capacité de ce compartiment au commencement
l'expiration, et sa capacité à la fin, les deux
pacités, ou plutôt les deux quantités d'air qu'el
renferment, étant réduites à une même pressi
La *fig.* 4 représente la disposition de cette p
tie de la machine.

Dans chaque tonneau, un des deux comp
timens commence à souffler un instant après q
l'autre a fini ; et en disposant les points d'attac
des bielles de manière qu'un des deux tonnea
soit au milieu de son oscillation lorsque l'au
la commence, on obtient un souffle continu
sensiblement égal.

Effet de la machine.

Le pèse-vent ou anémomètre à mercure, placé ur la caisse *e*, se tenait à $0^m,028$, sans oscillation ensible : seulement, à la reprise du mouvement 'un des deux tonneaux, il baissait tout-à-coup $0^m,021$, et remontait presque au même instant $0^m,028$. Ce fait provenait d'une petite imperfec- on de la machine, à laquelle il est très-facile de emédier, et nous n'y aurons pas égard dans les upputations suivantes.

Le pèse-vent indique le degré de force élas- que de l'air dans la caisse *e*, force à laquelle est ue la vitesse de sortie du vent. La hauteur de t instrument, étant de $0^m,028$, indique une vi- sse de 77 mèt. par seconde (1).

(1) Soient :

= Hauteur du pèse-vent. . . . . . ici 0,028 mèt.
= Haut. du baromètre dans l'atmosphère ambiante 0,75
= 1 + 0,00375 t (t = degré du thermomètre, ici 13°) 1,05
= Surface de l'orifice de la buse. . . 0,000855 m. car.

On aura :

Vitesse $= 395 \sqrt{h \frac{T}{b+h}}$ . . . . . 76,8 mèt.

Volume $= 395 \frac{S}{b} \sqrt{T(b+h)h}$ . . . . 0,0723 m. cub.

Poids $= 676.S. \sqrt{h \frac{b+h}{T}}$ . . . . 0,0884 kil.

fet prod. $= 5.377.500.S.h^{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{T}{b+h}}$ . . 26,6 kil. m.

Voyez, *Journal des Mines*, t. 38, le mode dont j'ai éta- ces formules.

L'orifice de la buse par lequel l'air sort de la machine est circulaire et a $0^m,033$ (15 lignes) de diamètre. D'après cela, et la vitesse ci-dessus, le volume d'air sorti en une seconde, et réduit à la pression atmosphérique, sera de 0,0723 mèt. cubes : son poids ou sa masse sera donc de 0,0884 kilogrammes.

L'effet utile produit, estimé par la masse d'air sortie, multipliée par la hauteur génératrice de sa vitesse, sera représenté par 26,6 kilogr. élevés à un mètre de hauteur (1).

Outre l'air sorti par la buse, et qui est le seul utilisé, il en sort d'autre, en pure perte, par les ligatures des tuyaux de cuir, par la coulisse qui ferme l'entrée du tuyau destinée à porter le vent au feu du martinet, etc. Cette perte était considérable lors de mes observations ; elle donne lieu à la différence que l'on trouve entre le vent sorti par la buse, 0,0725, et celui qui est fourni

---

(1) Ce mode d'estimer l'effet utile par le carré de la vitesse, généralement admis aujourd'hui en mécanique, convenable lorsqu'il s'agit de la comparaison avec l'effet dépensé (la masse d'eau motrice multipliée par la hauteur de la chute), convenable encore si l'on prend en considération la distance à laquelle le vent peut pénétrer dans une masse illimitée de charbons ; ce mode, dis-je, me paraît pouvoir être contesté, métallurgiquement parlant. Ici, l'essentiel est la masse d'air portée, en un temps déterminé, au milieu des charbons ardens, et la vitesse avec laquelle cette masse y arrive, pourvu qu'elle y arrive, est assez peu importante : dans un haut-fourneau, la vitesse est anéantie presque au moment de l'entrée de la masse, et d'horizontale qu'elle était, elle devient de suite verticale.

ıar les tonneaux, lequel est d'environ 0,0915 ıètres cubes (1).

L'effet produit, dans ce dernier cas, serait reırésenté par 33,4 kilogr. élevés toujours à un ıètre.

Comparons cet effet, ou plutôt l'effet utile 26,6) avec l'effet dépensé, pour juger du degré e bonté de la machine : ce dernier sera la masse 'eau motrice écoulée en une seconde, multipliée ar la hauteur de la chute.

Cette eau, avons-nous vu, est fournie par un rifice rectangulaire de $0^m,29$ sur $0^m,27$, et sous

---

(1) Soient :

= Diamètre du tonneau.
= Sa longueur.
= Grandeur de l'oscillation.
= Nombre de tonneaux.
= Nombre d'oscillations en 1′ ou 60″.
= Pesanteur spécifique du mercure = 13,6.
et b, comme dans la note précédente.
= Volume d'air, dans un compartiment, au commencement de l'expiration.
= Volume à la fin de l'expiration.
= Volume d'air expiré en une seconde.

On aura, à très-peu près :

$$= l\left\{\frac{\pi}{4}\frac{d^2}{360}\left(90^\circ + \frac{1}{2}o\right) - \frac{1}{4}ph\left(d + \frac{1}{2}ph \,\text{tang.}\, \frac{1}{2}o\right)\right\}$$

$$= l\left\{\frac{\pi}{4}\frac{d^2}{360}\left(90^\circ - \frac{1}{2}o\right) + \frac{1}{4}ph\left(d + \frac{1}{2}ph \,\text{tang.}\, \frac{1}{2}o\right)\right\}\frac{b+h}{b},$$

$$Q = \frac{m.n}{60}\left(A - B\right) = 0{,}0915,$$

bstraction faite de l'épaisseur de la cloison.

une charge d'eau de $2^m,55$. D'après cela, et prenant ici 0,82 pour coefficient de la contraction de la veine (vu qu'on est dans le cas des tuyaux additionnels), nous trouverons que la quantité de fluide dépensée est de 45,4 kilog., ou 0,045 mètres cubes. La chute, depuis le niveau de l'eau dans le réservoir jusqu'au bas de la roue, était, durant l'expérience, de $4^m,60$: ainsi l'effet dépensé sera équivalent à 209 kilog. tombés d'un mètre, et le rapport entre cet effet et l'effet utile sera de 7,8 à 1 ; c'est-à-dire qu'il n'y aurait guère que la huitième partie de l'effet dépensé qui fût employée d'une manière utile.

Avant d'étendre cette conclusion aux machines à tonneaux en général, examinons si celle que nous considérons ne présente pas, dans ses diverses parties, quelques imperfections qui lui seraient particulières, et qui seraient la cause de son peu d'effet.

Nous voyons d'abord que les tuyaux, qui portent le vent des tonneaux à la forge, perdent les deux neuvièmes de l'air fourni par la machine. Dans presque toutes les souffleries, il est vrai, on a des pertes de ce genre ; mais ici il y en a une extraordinaire, et elle est grande : c'est celle qui provient du très-mauvais état des ligatures des tuyaux de cuir. Je suis persuadé que si nous eussions convenablement serré ces ligatures avant l'expérience, nous eussions évité au moins la moitié de la perte ; et, en conséquence, je crois devoir porter de 26,6 à 30 kil. l'effet utile de la machine de Ratis.

Quant aux tonneaux, ils ne me présentent aucun vice notable et manifeste. Je m'arrête quelques instans sur cette partie essentielle et ca

ctéristique de notre machine, et j'en essaie une éorie. Leur effet produit a deux facteurs : l'un la quantité d'air expulsée à chaque oscillation; e provient, comme nous l'avons déjà vu, de différence de la capacité de chaque comparti- ent, au commencement et à la fin de l'oscilla- n; l'autre est la hauteur due à la vitesse de tie du vent, et cette hauteur est à très-peu s proportionnelle à celle du pèse-vent. Le emier de ces deux facteurs dépend aussi de la uteur de cet instrument ; il est le plus grand ssible lorsque le pèse-vent est à zéro, alors fet est nul ; ce facteur diminue ensuite lors- e le pèse-vent hausse, et il serait réduit à zéro, était ici possible de faire monter cet instrument $0^m,0395$: alors chaque compartiment aurait e égale capacité au commencement et à la fin l'oscillation ; il n'y aurait donc pas d'air ex- lsé, et l'effet serait encore nul : ainsi, cet effet, le produit des deux facteurs, doit présenter *maximum.* Je trouve qu'il serait de 39,8 kil., que la hauteur correspondante du pèse-vent ait de $0^m,021$. Pour obtenir ce plus grand et, il faudrait porter le diamètre de la buse $0^m,033$ à $0^m,051$ (1).

Nous ne poursuivrons pas plus loin la recher- e des conditions propres à faire donner à la chine de Ratis son *maximum* d'effet. Qu'il us suffise d'avoir montré que celui qu'elle pro- t réellement (33,4) n'est pas d'un sixième s faible que le plus grand qu'elle puisse pro-

---

) Prenons l'expression de l'effet produit C (A — B) h, tant une constante : mettons pour A et B les valeurs

duire, pour pouvoir mettre cette différence le compte de l'imperfection ordinaire des c tructions usitées dans nos usines, notammen ce qui concerne l'orifice des buses.

Les parties de la machine de Ratis, servant transmission du mouvement, pourraient simplifiées et améliorées. Les bielles sera fixées à des points des tonneaux, tels qu'il en sultât de plus grandes oscillations, et leur a bout serait immédiatement adapté à des ma velles placées aux deux extrémités de l'arbr la roue hydraulique; on supprimerait enti

---

données dans la note précédente ; différencions, et lons la différentielle à zéro, on aura, pour le cas du *m mum :*

$$14k^3 + 176\,k^2 + 22{,}4\,k - 0{,}536 = 0,$$

d'où

$$k = 0{,}0206.$$

Nous avons supposé que l'eau de l'intérieur des neaux présentait constamment une surface plane et zontale, et que, dans ses mouvemens, elle était co fixée au tonneau ; mais il n'en est pas réellement Lorsque, au commencement d'une oscillation, le ton change de direction, l'eau ne change pas au même tant ; en vertu du mouvement déjà imprimé, elle cont à se mouvoir et à s'élever dans la direction première, elle revient et baisse brusquement ; elle oscille conti ment, et ses oscillations ne sont pas en rapport avec du tonneau. Cette discordance se manifeste à l'extéri on y voit le tonneau marcher non d'un mouvement tinu, mais par une suite de légères secousses et comm tremblotant. Cette même discordance, et l'impossibilit l'on est de connaître la position de l'eau dans les div circonstances du mouvement, ne permettent point d blir une théorie rigoureusement applicable à la pratiq

nt les roues dentées, qui ne servent qu'à
menter les frottemens, et à donner à la roue
raulique une vélocité qui diminue considéra-
nent son effet.

Iais c'est dans l'établissement de cette roue
on semble s'être attaché à commettre toutes
es de fautes. On avait $4^m,60$ de chute, et on
donné à la roue que $1^m,95$, et on lui a fait
e trente-trois tours par minute: péchant ici
ne manière grossière contre les règles, qui
lent qu'on donne aux roues à chute supé-
re le plus grand diamètre possible, et qu'on
meuve le plus lentement possible. On aurait
ment pu donner à celle de Ratis $3^m,50$ de
nètre, et ne lui faire faire que six à sept tours
plus. Dans cette hypothèse, et pour produire
30 kilog. d'effet utile, il n'eût fallu que 0,0133
res cubes d'eau (1). Lors même qu'en aug-

) Soient :
: Effet produit . . . . 30,00 kilog.
: Hauteur verticale de l'arc de la roue
chargée d'eau. . . . . 3,00 mètr.
: Hauteur de la chute, jusqu'au point où
l'eau atteint la roue, *minimum*. . . . 0,60 mètr.
: Vitesse de la roue, faisant 6 tours et demi
par minute (rayon mécanique = 1,55). 1,06 mètr.
: Quantité d'eau dépensée en 1'',
on a, d'après M. Navier,

$$= \frac{E}{H + \frac{v}{g}(\sqrt{2gh} - v)} \text{ . . . . } 10,4 \text{ kil.}$$

nt d'autres,

$$= \frac{E}{H\left(1 - \frac{v}{\sqrt{2g(H+h)}}\right)} \text{ . . . . . } 13,3 \text{ kil.}$$

a première de ces formules, qui me semble être la vraie

mentant cette quantité pour prévenir tout m
compte dans la pratique, on la porterait à o
mètres cubes, ce ne serait pas encore la mo
de l'eau qu'on dépense maintenant, et l'effet
pensé, au lieu d'être 209 kil., ne serait que de

Ainsi, sans rien changer à l'effet produit
la partie caractéristique de la machine de Rati
celle qui lui est particulière, et ne faisant to
ber nos corrections que sur des accessoires co
muns à toutes les machines, et dont le vice
manifeste, nous avons ici une machine souffla
dont l'effet utile est à peu-près le tiers de l'e
dépensé.

Voyons ce qu'il en est de ce rapport entre l
fet dépensé et l'effet utile, produit dans les a
tres soufflerie de nos contrées, les trompes
les caisses à pistons.

La trompe est une machine soufflante tr
simple, très-peu sujette à se déranger, qui ex
peu d'entretien, et qui produit un vent tr
continu : le fondeur, dans son travail, lui
donner, et avec beaucoup de facilité, exac
ment le degré de vent dont il a besoin, avant
important dans les forges catalanes sur-tout,

---

formule théorique, a été donnée par M. Navier, dan
précieuse édition de *Bélidor*. Appliquée à la pratique,
pèche un peu par défaut.

L'autre pècherait plutôt par excès. J'ai eu occasio
l'appliquer à une suite d'expériences faites très en g
sur les roues à augets (*Journal des Mines*, tom. 21)
de toutes c'est celle qui m'a donné les résultats les
conformes à l'expérience. Au reste, je ne l'ai jamais d
née comme exacte en théorie, et je l'y donnerais l
moins aujourd'hui, que l'application du principe des fo
vives aux machines en mouvement a jeté un si grand
sur cette matière.

confection d'une même loupe demande divers grés de chaleur et de vent. Mais elle exige e grande chute, et dépense beaucoup d'eau : près la formule donnée, en dernier lieu, par M. Thibaud et Tardy, pour produire un effet uivalent à 30 kilog. élevés à un mètre, il eût lu, à Ratis', 0,19 mètres cubes d'eau par seconde (1). C'est plus de quatre fois ce qu'on n'en ploie maintenant, et près de dix fois ce que us avons vu qu'on devrait employer. Dans is de cent expériences que MM. Thibaud et rdy ont faites sur les trompes, une seule s l'effet produit a été entre la cinquième et la ième partie de l'effet dépensé : habituellement, dans le travail ordinaire, même avec des chutes 6 mètres, il n'en est que la douzième partie.

La différence ou rapport entre les deux effets moindre dans nos soufflets à pistons et à sses de bois : ils travaillent plus avantageusement. Dans une suite d'expériences sur ces soufts, dont je publierai bientôt les résultats, le pport de l'effet dépensé à l'effet produit a été primé par 7, 6, 5 et même par 4. J'ai eu cette rnière expression dans une machine presque

---

(1)

$$Q = \frac{E}{600\, s.\, c.\, (c - 14\, h)\, h^{1,2}\, e^{-0,4}}.$$

Q, *s* et *h* ont les mêmes significations que dans les notes précédentes.

= Chute de l'eau $= 4^{m},60$.

= Hauteur de l'eau sur l'étranguillon de la trompe $= 0,4$: valeur la plus avantageuse dans les trompes, d'après les auteurs du mémoire. *Ann. des Mines*, t. 8, p. 595.

neuve et bien disposée, à la fonderie de Cas
dans les Landes (1). Mais encore ici je vois
plus grande dépense en force motrice, que d

(1) MM. Thibaud et Tardy ont publié les résulta
cette observation à la suite de leur grand travail. Je c
pléterai ce que j'ai à dire sur cette machine par la
marque et le fait suivans. Le pèse-vent, étant établi
médiatement sur les caisses soufflantes, s'est ter
0m,0474, terme moyen : la surface de l'orifice des
buses était de 0,003 mètres carrés, d'où l'on a conclu
kilog. pour l'effet produit, et 3 et demi pour l'expres
de son rapport avec l'effet dépensé, qui était 667
Mais si l'on eût successivement placé le pèse-vent à
trémité des tuyaux de conduite, près de chaque buse
c'est là qu'il faut le placer pour en conclure l'effet u
on ne trouve plus que 161,6 kil. pour la somme des
utiles produits par la machine, comme on le voit p
tableau suivant, et le rapport devient 4,3 à 1.

	Tuyau de cond.		Orifice de la buse.	Hauteur du pèse-vent.	E… u…
	long.	diamètr.			
	mèt.	mèt.	m. car.	mèt.	
Haut-fourneau....	21	0,108	0,00185	0,0430	10…
1er. feu d'affinerie.	6,5	0,075	0, 000573	0,0451	3…
2e. feu d'affinerie..	18	0,075	0, 000573	0,0385	2…
En tout......	...	......	.....	.....	16…

Il s'est glissé, dans le titre du tableau où MM.
baud et Tardy exposent mon observation, une erreu
pographique (une transposition dans la parenthèse)
suite de laquelle les expériences faites au *martinet Bos*
sont attribuées : elles sont des auteurs du mémoire.
Ils avaient encore rédigé leurs observations sur les

ne machine à tonneaux convenablement établie.

Résumons les avantages et les inconvéniens e cette sorte de soufflets.

Elle est fort simple, peu dispendieuse, et d'une onstruction facile, qui n'exige pas, comme la upart des autres souffleries, des artistes partiuliers. L'eau, qui y fait l'office de piston, joint rfaitement, et n'occasionne aucun frottement nsible : aussi perd-elle moins de vent que les itres, et, malgré ses imperfections, dépense-elle moins de force proportionnellement à l'eft produit.

Mais, d'un autre côté, elle ne peut en produire i'un petit. Elle ne saurait fortement comprimer iir : l'eau, qui forme une des parois du vase où fait la compression, cède, et n'oppose qu'une ible résistance : de sorte qu'à moins de dépasser onsidérablement des dimensions qui constiient une partie de ses avantages, la simplicité la commodité, elle ne peut être efficacement nployée pour les hauts-fourneaux et les vraies

---

ts à pistons des fabriques d'acier de Toulouse et de Paiers, et il paraît, par un passage de leur écrit (p. 605), i'elles devaient d'abord en faire partie : il est à regretter i'elles n'aient pas été publiées. Ces expériences, ainsi e celles sur les trompes, ont été faites avec un soin i les rend vraiment précieuses. MM. Thibaud et Tardy aient eu la complaisance de m'assister dans celles que je isais, au commencement de 1821, sur une machine soufnte de Toulouse : de là leur est peut-être venue l'idée celles qu'ils ont faites par la suite. S'il en était ainsi, me féliciterais d'avoir été une cause, bien éloignée il t vrai, d'un travail qui fait très-bien connaître, tant aux athématiciens qu'aux métallurgistes, une machine des us ingénieuses et des plus utiles (la trompe), sur laelle ils n'avaient encore que des notions vagues.

forges catalanes, l'air devant être introduit d
leurs foyers avec une vitesse de 100 mètres
seconde au moins, vitesse qui correspond à u
hauteur de pèse-vent de $0^m,05$; et nous avons
qu'à Ratis, en la portant à $0^m,028$, nous avi
même dépassé le plus grand effet de la machi
Les bonnes forges catalanes de Vicdessos fi
sent leurs loupes avec une hauteur de $0^m,0$
De plus, les machines à tonneaux renferment
grand espace d'où l'air ne peut être expulsé,
pace que les Allemands nomment, dans les p
pes, *espace nuisible* (*schaedlicher raum*) : u
partie de la force motrice est employée à y c
denser et dilater alternativement l'air sans e
utile.

En dernier résultat, la machine à tonneaux
peut être employée avec avantage que pour
service des feux de martinets, des chaufferie
affineries où l'on n'a pas besoin d'un vent t
fort; mais là, en comparant son effet proc
avec l'effet dépensé, on ne peut se dispenser
conclure que c'est une *bonne machine soufla*



EXTRAIT D'UN MEMOIRE

SUR

LES MORTIERS HYDRAULIQUES;

Par M. le colonel du génie TREUSSART.

(*Mémorial de l'Officier du génie*, 7e. numéro, 1824.)

Chaux hydrauliques naturelles.

Il y a beaucoup de pierres à chaux hydraulique dans les départemens du Haut et du Bas-Rhin. Les meilleures sont celles d'Obernai, de Werdt, de Bouxviller et d'Ingviller (1); elles sont aussi bonnes que celles de Metz. Quand elles sont calcinées convenablement, elles prennent une teinte de jaune foncé ou de gris cendré; lorsqu'on les cuit trop, elles deviennent bleu d'ardoise.

La chaux d'Obernai, arrosée d'une assez grande quantité d'eau pour la réduire en pâte, n'aug-

(1) Un échantillon de la pierre calcaire d'Obernai, envoyé au laboratoire de l'École des mines par M. le colonel Treussart, a été trouvé composé de :

Chaux	0,422	
Magnésie et fer	0,050	
Silice	0,105	argile.. 0,148
Alumine	0,043	
Acid. carboniq. et eau	0,380	
	1,000	

Cette pierre ne diffère presque pas de celle de Metz.

P. B.

mente pas de volume; mais lorsqu'on l'éte
avec $\frac{1}{5}$ d'eau seulement, elle tombe en poud
et son volume augmente d'environ $\frac{2}{5}$.

Les chaux hydrauliques donnent de mauv
mortiers avec du sable; elles en donnent de bo
avec du trass, et de beaucoup meilleurs avec
mélange de sable et de trass. Les proportions
donnent les mortiers les plus résistans sont u
partie de sable et une partie de trass, pour u
partie de chaux éteinte en poudre; mais on p
employer aussi avec avantage une partie de cha
éteinte en poudre, une $\frac{1}{2}$ de sable et 2 de tra

Les chaux hydrauliques éteintes en pou
peuvent se conserver à l'air pendant quel
temps; cependant elles perdent peu-à-peu l
propriété hydraulique : elles peuvent néanmo
servir encore à faire de bons mortiers, en
unissant avec du trass.

J'ai trouvé que les chaux hydrauliques abs
bent l'oxigène de l'air, et que l'absorption
beaucoup plus rapide lorsque la chaux est étei
que lorsqu'elle ne l'est pas.

Chaux hydrauliques artificielles.

L'oxide de fer, l'oxide de manganèse et la
gnésie, calcinés avec de la chaux éteinte,
donnent pas de chaux hydraulique. Le perox
de fer, employé dans la proportion de $\frac{2}{10}$, en
à la chaux la propriété de s'éteindre avec chal
La silice, l'argile blanche et les terres ocreu
donnent des chaux hydrauliques, mais qui
durcissent que lentement et qui ne présen
qu'une faible résistance. On a répété l'essa
employant différentes terres à briques, et en
vant le procédé indiqué par M. *Vicat*, et on
obtenu aucun bon résultat.

J'ai fait cuire au four à chaux une pâte com-
sée de 0,560 chaux, 0,246 silice, 0,078 alu-
ne, et 0,114 oxide de fer, et qui, d'après les
ilyses de plusieurs chimistes, devait être iden-
ue avec la chaux de Boulogne; mais je n'ai eu
une chaux hydraulique semblable à celle qu'on
tient avec les terres ocreuses. Ces résultats
ont fait penser qu'il y avait dans la pierre de
ulogne quelques substances qui ont échappé
x chimistes: effectivement, j'y ai trouvé de la
ide et quelquefois de la potasse. J'ai alors ajouté
e très-petite quantité de soude à un mélange
chaux et d'argile, que j'ai fait cuire ensuite, et
eu une chaux qui a durci dans l'espace de
it jours, et qui a pris une grande solidité.
après cela, je suis porté à croire que les pierres
caires de l'Alsace, qui donnent de bonnes
aux hydraüliques, ont reçu quelques modifi-
ions du muriate de soude contenu dans les
ux de la mer, qui paraissent avoir couvert les
aines où elles se trouvent.

La théorie des chaux hydrauliques n'est pas
core bien connue. Les bons résultats qu'on a
tenus en mêlant avec la chaux une certaine
antité de terre alumineuse et un peu de soude
nt espérer que les résultats seront meilleurs
rsque l'expérience aura fait connaître les pro-
rtions qu'il convient d'employer.

La pouzzolane et le trass donnent de très-
ons mortiers hydrauliques avec les chaux com-
unes. Ces substances ne paraissent être autre
iose que des argiles d'une composition parti-
lière, qui ont été recouvertes et calcinées par la
ve des volcans. Elles perdent leurs propriétés

Pouzzolanes et trass naturels et artificiels.

hydrauliques lorsqu'on les chauffe assez for ment pour les vitrifier. D'après les analyses en ont été faites, elles contiennent :

	Pouzzolanes.	Trass.
Silicé	0,35	0,57
Alumine	0,40	0,28
Chaux	0,05	0,06
Oxide de fer	0,20	0,08

La pouzzolane est un peu meilleure que trass.

On peut très-aisément faire des pouzzolan artificielles aussi bonnes que les pouzzolanes turelles, en calcinant des argiles pures ou mêl d'une quantité plus ou moins grande de carb nate de chaux. Les argiles pures n'acquièrent propriété hydraulique que par une forte cal nation. Lorsqu'elles contiennent environ dixième ou une plus grande quantité de carb nate de chaux, elles acquièrent cette propri à une faible chaleur, et elles la perdent au co traire à une chaleur plus forte. L'addition quatre ou cinq centièmes de chaux à une te argileuse pure produit un effet avantageu mais les argiles toutes pures et blanches conv nablement calcinées donnent aussi de bon pouzzolanes. On a essayé d'y ajouter de l'oxi de fer, et on a reconnu que cet oxide n'au mentait ni ne diminuait les propriétés hydra liques de l'argile.

Le sable quarzeux, mêlé à de l'argile dans proportion d'environ 60 sur 100, donne de me leurs résultats que l'argile pure.

Pour fabriquer les trass ou les pouzzolan factices, il faut corroyer les terres avec de l'ea

de la même manière qu'on le fait pour les briques; si l'argile qu'on emploie contient plus d'un dixième de carbonate de chaux, on en fera de grosses briques, que l'on placera dans l'endroit où l'on met ordinairement les tuiles, qui sont exposées à un degré de chaleur moins grand que les briques; si l'argile ne contient presque pas de chaux, on en fera des briques de petit échantillon, et on les placera dans l'endroit où l'on met cuire les briques. En variant la grosseur des briques, et en les plaçant dans un endroit où elles reçoivent plus ou moins de chaleur, on peut toujours se servir de fours à briques pour la fabrication du trass factice.

Lorsque les briques ont été calcinées au degré convenable, il faut les broyer très-fin et les passer à travers un tamis de fil métallique très-serré : plus le trass est fin, mieux il vaut.

Les briques réfractaires de Sufflenheim, qui sont employées dans la fonderie de canons de Strasbourg, donnent de très-bon trass factice, même lorsqu'elles ont été exposées pendant longtemps à une chaleur très-grande dans les fourneaux à réverbère.

Le meilleur trass factice que l'on ait obtenu à Strasbourg provient d'une terre que l'on apporte de Francfort dans cette ville pour y faire de l'alun. Cette terre est très-noire; mais lorsqu'elle a été fortement calcinée, elle est parfaitement blanche : ce n'est que dans cet état qu'elle acquiert la propriété du trass (1).

On peut estimer que le trass factice coûtera,

(1) On a analysé, au laboratoire de l'École des mines,

en France, 25 à 30 francs le mètre cube, term
moyen.

Mortiers. Je dis qu'un mortier est dur lorsqu'en le pres
sant fortement avec le pouce on n'y fait aucun
impression.

Voici comment on a mesuré la ténacité de
mortiers. Lorsqu'ils ont été confectionnés, o
les a placés dans de petites caisses de 0^{m},15 d
longueur sur 0^{m},07 de largeur et autant de pro
fondeur, et on les a plongés dans l'eau 12 heure
après : à cette époque ils n'avaient acquis qu'un
demi-consistance, ce qui a permis de juger l
temps qu'ils ont mis à durcir. On les a laiss
tous pendant un an dans l'eau. Au bout de
temps on les a retirés, et on les a taillés de m
nière à former des parallélipipèdes de 0^{m},15
longueur sur 0^{m},05 d'équarrissage. On a en
suite placé ces parallélipipèdes sur deux barr
de fer horizontales, et distantes entre elles
0^{m},10, et on leur a fait supporter des poi
appliqués sur leur milieu jusqu'à ce qu'ils
soient rompus. On a pris pour terme de comp
raison les briques communes de Strasbourg.

Le tableau ci-après présente les résultats l
plus importans, déduits de plus de mille exp
riences que j'ai faites sur les mortiers.

---

les briques de Sufflenheim et l'argile de Francfort, sur
demande de M. le colonel Treussart. On y a trouvé :

	Sufflenheim.	Francfort.
Silice	0,724	0,500
Alumine	0,118	0,327
Magnésie	0,020	0,015
Oxide de fer	0,048	trace.
Eau	0,078	0,160
	0,988	1,002

P. B

N^{os}. des mortiers.	COMPOSITION DES MORTIERS.	POIDS qu'ils ont supporté avant de se rompre.
	Briques communes de Strasbourg, taillées de la même dimension que les mortiers, et rompues de la même manière pour leur servir de terme de comparaison.	210 kil.
	Mortiers de chaux hydraulique naturelle et de chaux commune avec du trass et de la pouzzolane.	
1.	Une partie de chaux d'Obernai éteinte en poudre, et deux parties de sable	De 55 à 192
2.	Une partie de chaux *idem*, une de sable et une de trass.	De 150 à 241
3.	Une partie de chaux *idem*, et deux parties de trass.	De 115 à 159
4.	Une partie de chaux *idem*, une de sable et une de pouzzolane.	213
5.	Une partie de chaux *idem*, et deux parties de pouzzolane.	198
6.	Une partie de chaux commune éteinte en poudre, une de sable et une de trass.	De 135 à 192
7.	Une partie de chaux *idem*, et deux parties de trass.	De 105 à 119
8.	Une partie de chaux *idem*, une de sable et une de pouzzolane.	227
9.	Une partie de chaux commune, et deux parties de pouzzolane.	211
10.	Galets de Boulogne, seuls.	De 49 à 72
11.	Un mortier de galets de Boulogne, seuls, très-fortement calcinés, et laissés à l'air pendant vingt jours sans les éteindre, avant d'en faire du mortier.	130
12.	Galets de Boulogne et une demi-partie de sable.	17
13.	Galets de Boulogne et une demi-	

Nos. des mortiers.	COMPOSITION DES MORTIERS.	POIDS qu'ils o supportéa de se romp
	partie de trass.	8 k
	Mortiers de chaux hydrauliques factices.	
14.	Une partie de chaux commune en pâte, qui a été recuite au four à chaux, en y mélangeant 0,2 de sable blanc broyé très-fin, et dont on a ensuite fait du mortier avec deux parties de sable.	16
15.	Une partie de chaux commune en pâte, qui a été recuite au four à chaux avec 0,2 de terre blanche très-alumineuse, et dont on a ensuite fait du mortier avec deux parties de sable.	De 20 à
16.	Une partie de chaux commune en pâte, qui a été recuite au four à chaux avec 0,2 d'ocre jaune, et dont on a ensuite fait du mortier avec deux parties de sable.	De 10 à
17.	Une partie de chaux commune en pâte, qui a été recuite au four à chaux avec 0,2 d'argile de Holsheim, et dont on a ensuite fait du mortier avec deux parties de sable.	De 85 à
18.	Une partie de chaux commune en pâte, qui a été recuite au four à chaux avec 0,2 de la même terre blanche que le n°. 15, à laquelle on a ajouté un peu d'eau chargée de carbonate de soude à 5°, et dont on a ensuite fait du mortier avec deux parties de sable.	76
19.	Une partie de chaux commune en pâte, qui a été recuite au four à chaux avec 0,2 de la même terre	

Nos. des rtiers.	COMPOSITION DES MORTIERS.	POIDS qu'ils ont supporté avant de se rompre
	blanche que le no. 15, à laquelle on a ajouté un peu d'eau chargée de soude pure à 5°, et dont on a ensuite fait du mortier avec deux parties de sable...............	137 kil.
	NOTA. Depuis l'envoi des expériences ci-dessus, l'auteur a rompu des mortiers faits avec de la chaux hydraulique factice fabriquee à Paris par M. de Saint-Léger, d'après le procédé de M. Vicat. Cette chaux a été mise dans des bouteilles bien cachetées à sa sortie du four, pour être envoyée à Strasbourg : voici les résultats obtenus. Une partie de cette chaux, réduite en pâte aussitôt son arrivée et mise dans l'eau sans rien y ajouter, s'est rompue au bout d'un an sous le poids de 85 kilogrammes. La chaux d'Obernai et celle de Verdt, traitées de la même manière, supportent jusqu'à 220 kilogram. avant de se rompre. Un mortier fait immediatement avec une partie de cette chaux et deux parties de sable a supporte 115 kilogrammes avant de se rompre. Un second mortier, fait dans les mêmes proportions et avec la même chaux qu'on avait éteinte en poudre en y versant le cinquième de son volume d'eau, et qu'on avait laissée à l'air pendant un mois, s'est rompu sous le poids de 55 kilogramm. Un troisième mortier, fait de la même manière, avec la même chaux, qu'on a laissée s'éteindre d'elle-même à l'air, n'a plus supporté qu'un poids de 25 kilogrammes avant de se rompre. Enfin, cette chaux, après deux mois d'extinction, soit en poudre, soit à l'air, n'a plus donné (comme toutes les chaux hydrauliques naturelles qu'on a employées) que des mortiers très-peu hydrauliques, et qui se broyaient avec les doigts. Avec de la chaux commune et du trass factice, on n'a pas le même inconvénient; cette chaux donne encore de très-bons résultats long-temps après son extiuction en poudre, et la résistance des mortiers est beaucoup plus grande.	
	Mortiers de chaux communes et de trass ou pouzzolanes factices.	
9.	Une partie de chaux commune éteinte en poudre, et deux parties de ciment de briques de Strasbourg peu cuites...............	150 kil.
1.	Une partie de chaux commune éteinte en poudre, et deux parties des mêmes briques bien cuites....	82

Nos. des mortiers.	COMPOSITION DES MORTIERS.	POID qu'ils supporté de se ro
22.	Une partie de chaux commune éteinte en poudre, et deux parties de ciment de briques bien cuites, d'une autre tuilerie que les numéros précédens.	65
23.	Une partie de chaux *idem*, et deux parties de ciment du n°. 22, recuit à un rouge tendre pendant deux heures.	145
24.	Une partie de chaux commune et deux parties de terre de Holsheim, calcinée pendant douze heures dans un fourneau à réverbère, en tenant le creuset à un rouge tendre.	145
25.	Une partie de chaux commune, et deux parties de la même terre que le n°. 24, calcinée pendant le même temps, après avoir été mélangée avec un dixième de chaux.	77
	NOTA. Le trass factice du n°. 24, avec la chaux d'Obernai, a donné un mortier qui a supporté 200 kilogrammes; tandis que celui du n°. 25, avec la même chaux, s'est rompu sous le poids de 98 kilogrammes.	
26.	Une partie de chaux commune en poudre, et deux parties de terre blanche très-alumineuse des environs de Cologne, qui a été calcinée dans un four à réverbère, en tenant les creusets à un rouge tendre pendant six heures.	190
27.	Une partie de chaux *idem*, et deux parties de la même terre que le n°. 37, qui a été calcinée de la même manière, après avoir été mélangée avec 0,4 de sable blanc broyé.	215

…s. …es …iers.	COMPOSITION DES MORTIERS.	POIDS qu'ils ont supporté avant de se rompre.
3.	Une partie de chaux *idem*, et deux parties de la même terre que le numéro précédent, qui a été calcinée en même temps avec les briques dans le four à chaux, après l'avoir humectée avec le quart de son volume d'eau chargée de lessive de cendres à 5°...	220 kil.
).	Une partie de chaux commune éteinte en poudre, et deux parties de trass factice, fait avec des ardoises provenant des environs de Mayence, et qu'on a fait calciner dans un fourneau à réverbère, en tenant le creuset à un rouge tendre pendant dix heures......	205
.	Une partie de chaux *idem*, et deux parties de ciment de briques réfractaires de Sufflenheim.......	222
.	Une partie de chaux *idem*, et deux parties de terre argileuse provenant des environs de Francfort, et dont on fait de l'alun à Strasbourg : cette terre, qui est noirâtre, a été calcinée au four à chaux jusqu'à ce qu'elle devînt blanche; dans cet état, les résultats ont varié de.............	192 à 263

Les mortiers faits avec la chaux d'Obern
du sable durcissent généralement dans l'es
de dix à douze jours; les mortiers faits av
même chaux et un mélange de sable et de
durcissent dans l'espace de quatre ou cinq j

La chaux de Boulogne, n°. 10, durcit en v
quatre heures; la même chaux, n°. 12, a emp
douze jours pour durcir.

Les mortiers, n°s. 15 et 16, ont durci en
jours; le mortier, n°. 19, en huit jours.

Des mortiers, n°s. 20 et 21, qui ont été
avec des cimens qui contiennent beaucou
chaux, le n°. 20 a durci en onze jours,
n°. 21 n'est devenu dur qu'au bout de deux

Les mortiers, n°s. 22 et 23, ont été faits
des cimens qui ne contiennent pas de chau
n°. 22 a durci en dix à douze jours, le n°. 2
durci qu'au bout de vingt jours.

Le durcissement des mortiers 26 et 27
lieu dans l'espace de quinze jours.

Les mortiers 29, 30 et 31 ont été faits
des cimens qui ne contenaient pas de chau
ont durci en dix à douze jours.

Si l'on compare les mortiers faits avec la c
hydraulique artificielle, avec ceux que l'on a
parés au moyen de la chaux commune e
trass factices, on verra que les meilleurs mo
faits avec les chaux hydrauliques artificielles
pas donné la moitié des résultats obtenus p
moyen des trass factices et de la chaux comm

Dans l'état actuel de nos connaissances, o
doit pas faire de chaux hydrauliques artifici
attendu les circonstances suivantes : 1°. elle
viendraient à un prix très-élevé dans les pa

on est obligé de faire subir une seconde cuisson
la chaux, et par la difficulté de bien faire en
rand le mélange d'argile; 2°. toutes les terres
rgileuses ne sont pas propres à la confection des
haux hydrauliques; 3°. ces chaux perdent faci-
ment une grande partie de leurs propriétés hy-
rauliques par une cuisson un peu trop forte,
par l'action qu'elles exercent sur l'air, qui les
mène en peu de temps à l'état de chaux com-
unes; 4°. enfin, les résultats que l'on obtient par
moyen, sont de beaucoup inférieurs à ceux
'on peut obtenir d'une manière plus facile, au
oyen des trass factices.

Les mortiers qui sont faits de la consistance
s mortiers ordinaires, donnent de meilleurs
sultats que ceux qui sont gâchés ferme. Il vaut
ieux ne les immerger qu'après qu'ils ont acquis
e certaine fermeté, qu'au moment même de
ur confection.

Les bétons sont indispensables pour construire Bétons.
ns l'eau ou dans les lieux humides. On appelle
nsi le mélange qu'on fait de mortiers hydrau-
ques avec de gros graviers, des pierres, ou enfin
s briques concassées de la grosseur d'un œuf.
es bétons qu'on a faits à Strasbourg ont été
mposés de six parties de recoupe de pierres
degros graviers, sur sept parties de mortier
draulique. Lorsque le mélange est fait, on
isse reposer le béton jusqu'à ce qu'il ait pris
e consistance assez ferme pour qu'on soit
ligé de l'entamer avec la pioche, ce qui a lieu
dinairement au bout de vingt-quatre à trente-
heures. On descend alors le béton dans l'eau,
il se ramollit aussitôt. Au bout de quelques

heures, on le comprime légèrement avec
dame plate; on le laisse dans cet état, et l'on
tinue à faire de nouvelles assises. Lorsque l
ton est bien fait, il a pris assez de consist
pour qu'on puisse commencer les maçonn
ordinaires, huit ou dix jours après qu'il
coulé.

Plusieurs des expériences rapportées da
extrait confirment celles que M. Vicat
faites précédemment, d'autres leur sont co
res. Cette différence peut provenir de la n
des substances qui ont été employées. Quoi
en soit, je n'en rends pas moins justice aux
travaux de M. Vicat, qui a rendu un gran
vice à l'art des constructions, en publian
Recherches sur les mortiers.

Note sur la pouzzolane artificielle fabriqué *M.* de Saint-Léger.

A l'époque où M. Vicat annonça à l'In
qu'il avait trouvé le moyen de fabriquer
pouzzolane supérieure à celle qui vient d'It
en calcinant des argiles à une température co
nable sur des plaques de fer, M. Bruyère f
grand nombre d'essais pour parvenir au n
but par un procédé moins embarrassant et n
dispendieux. Il obtint de très-bons résultats
faisant cuire au rouge cerise, pendant quel
heures, un mélange de trois parties d'argi
d'une partie de chaux commune éteinte et
surée en pâte, et il fit employer avec succès
d'un mètre cube de pouzzolane préparée de
manière par MM. Vigoureux et Malet ses gen

A la fin de 1823, M. Bruyère pria M. de S

ger de répéter tous les essais qu'il avait faits, de chercher un moyen de cuire les mélanges iformément et économiquement. M. de Saint-ger s'en occupa aussitôt, et il fit construire à effet un petit four, dans lequel il pouvait te- au rouge cerise un pied cube de matière, et gmenter la chaleur à volonté. Il essaya plu- urs combinaisons d'argile de Passy et de Meu- n, de chaux éteinte, de craie et de sable, et il tarda pas à se convaincre que le mélange i donne les meilleurs résultats est précisément ui auquel M. Bruyère s'était arrêté : il a re- nnu en même temps, 1°. que le sable est tou- rs nuisible ; 2°. et que la craie peut rempla- la chaux éteinte dans les mélanges argilo- caires ; mais que cependant les mortiers faits ec de la pouzzolane, dans laquelle il entre de craie, ont l'inconvénient de se couvrir sans sse d'une poudre blanche que le plus léger ottement en détache, inconvénient que ne pré- ntent pas les mortiers préparés avec la pouzzo- ne composée de chaux et d'argile.

M. de Saint-Léger a imaginé depuis un fourneau, ns lequel il fait facilement cuire, de la manière plus parfaite, 2 mètres cubes de pouzzolane par ır. Il fabrique maintenant cette matière en and à Meudon ; il a les moyens de la moudre de la bluter, et il est en mesure de fournir tous les besoins des consommateurs. Il en a é le prix à 50f. le mètre cube ; mais il espère ı'il pourra diminuer ce prix par la suite.

On peut faire d'excellens mortiers hydrau- ques avec la pouzzolane factice, de trois ma- ères.

1°. Avec 3 parties de pouzzolane en poudre,
et 1 partie de chaux commune, éteinte et mesurée en pâte.

Ce mortier, immergé de suite, prend, en 4 heu
une consistance telle qu'il supporte la tige d'e
de M. Vicat, et au bout de 12 à 15 heures, il
assez dur pour résister à un courant d'eau. Il
vient à 58f. le mètre cube.

2°. Avec 2 parties de sable,
1 partie de pouzzolane en poudre,
et 1 partie de chaux hydraulique, éteinte et
surée en pâte.

M. de Saint-Léger a employé ce mortier
le plus grand succès dans plusieurs circonstan
et notamment pour rendre imperméables à l'
les parois d'un bassin immergés pendant tout
hiver. L'opération a été achevée en 12 heu
et le bassin a parfaitement tenu l'eau immé
tement après. Ce mortier ne coûte que 35
mètre cube.

3°. Avec 2 parties de sable sec,
1 partie de pouzzolane en poudre,
1 partie de chaux hydraulique, pulvérisée
et passée au tamis,
2 parties d'eau.

On mélange toutes ces substances, et on
gâche pendant environ 5 minutes comme
plâtre : alors l'extinction de la chaux ayant
lieu, le mortier se trouve avoir la consista
convenable pour l'emploi. Il acquiert en 3
heures une grande solidité. Lorsqu'on l'appli
en enduit, si l'ouvrier a soin de le lisser co
nuellement pendant ce temps, il parvient
lement à éviter la formation des gerçures, av
tage qu'on n'obtient pas avec le *ciment rom*
parce qu'il se solidifie trop rapidement. Le m
cube de ce mortier revient à 43 francs.

EXTRAIT D'UN MÉMOIRE

SUR

ES TERRAINS DU DÉPARTEMENT DU CALVADOS,

PAR M. HERAULT,

Ingénieur en chef au Corps royal des Mines.

: sol du département du Calvados, sous le rap-
rt des substances minérales qu'il présente à sa
rface, et dans l'état actuel de nos connais-
nces à cet égard, peut se diviser en dix parties.

1°. GRANITE avec pegmatite et micaschiste sub-
anulaire. Ses couches se dirigent assez ordi-
irement du nord au sud, et elles plongent
environ 80° vers l'ouest. Il est composé de mica
ir, de quarz et de feldspath blancs; il offre
uvent des taches plus foncées que le reste de
pierre, et qui sont presque toujours dues à l'ac-
mulation des lamelles de mica dans ces parties.
passe tantôt au granite à grain fin, et tantôt
a pegmatite; on le rencontre quelquefois dans
commune du Gast, en *boules* formées de cou-
es concentriques. Dans beaucoup d'endroits,
ne présente plus, par suite de l'altération de
n feldspath, qu'une roche sans consistance, et
ns d'autres, il se trouve réduit à l'état de sable
ossier, par l'effet d'une décomposition plus
mplète de la même substance. La pegmatite

contient du *talc*, de la *tourmaline*, et, plus rarement, d'assez gros cristaux d'*andalousite* (feldspath apyre) noirâtre, et de *pinite*. Le micaschiste renferme plusieurs variétés, dont les unes sont *macliferes*, et les autres *staurotidifères* : il affecte, dans quelques morceaux, la forme *rhomboïdale* ou *tabulaire*.

Ce terrain se montre à la surface du sol, ou recouvert seulement par une couche peu épaisse de terre végétale, à Vire, au Gast, à Saint-Martin et à Saint-Germain de Talvende, à Vaudry, à Roullours, et dans quelques autres communes des environs.

2°. PHYLLADE un peu luisant et contenant quelquefois des trilobites. Ses couches se dirigent à peu-près du nord-ouest au sud-est, et elles inclinent de 40 à 50° vers le nord-est. Il renferme des bancs subordonnés de phyllade arénifère, de phyllade pailleté, de phyllade subluisant calcarifère, d'ampélite, de quarz grenu, de grès quarzeux coquillier (1), de grès quarzeux feldspathique (*grès rouge ancien des Anglais*), de grès quarzeux phylladifère (*grauwache schistoïde à grain fin*), de grès micacé, de grès feldspathique (*espèce de conglomérat porphyritique*), de poudingue quarzeux, de poudingue feldspathique

(1) J'ai trouvé les premières empreintes de coquilles du grès intermédiaire du Calvados dont on ait fait mention, en 1822, sur quelques morceaux de celui de *May*, qui étaient déposés dans la cour de M. Lair, conseiller de préfecture, et secrétaire de la Société d'agriculture de Caen. Les empreintes découvertes dans le même jusqu'à présent sont les moules intérieurs de deux espèces de *térébratules*, l'une *lisse* et l'autre *striée*, d'une *cypricarde modiolaire*, et d'un *corps particulier* qu'on croit être une *trilobite*.

e calcaire marbre (ses couleurs sont très-va-iées), de pétrosilex basaltoïde (c'est une espèce ntermédiaire entre le *hornfels* des Allemands et *phonolite*), de diorite (on ignore quelle est la nanière d'être de ces deux dernières roches dans terrain de transition du Calvados), de minerai e fer oolithique, etc. (1).

Dans la commune du Désert, la grauwacke à rain fin se présente assez souvent en *boules* for-nées de couches concentriques.

Le terrain de phyllade se rencontre dans toute étendue des cantons de Condé-sur-Noireau, de 'assy, du Bény, d'Aulnay, ainsi que dans beau-oup de communes de ceux de Caen (sud), de 'illy, de Balleroy, de Caumont, de Villers-Bo-age, de Saint-Sever, de Vire, de Falaise (est et uest), de Bretteville, d'Evrecy et de Bourguébus. I. Pattu, ingénieur en chef des ponts et chaus-ées, vient de découvrir à Colombières, canton le Trévières, un grès quarzeux absolument sem-lable à ceux de May et de Feuguerolles.

Sur quelques points de la surface du sol oc-upé par ces deux premières formations, on voit es amas de blocs de *quarz hyalin*, particuliè-ement à Saint-Manvieux, à Clinchamps et à ainte-Marie-l'Aumont. Des blocs de même nature orment, à l'extrémité nord-est de la montagne ite *de Campaux*, une espèce de crête fort con-idérable, qui pourrait bien être la tête d'un filon

(1) Je dois à la complaisance de M. Cordier, membre de Académie des sciences, inspecteur divisionnaire au corps oyal des mines, et professeur de géologie au Muséum d'his-oire naturelle de Paris, la détermination d'un grand nombre e roches du Calvados.

qui s'élèverait au-dessus du terrain environnant.

3°. TERRAIN HOUILLER. *a. Partie inférieure à la couche de houille exploitée à Littry.* Elle est surtout remarquable par la présence de masses considérables d'une roche *feldspathique altérée:* cette roche contient quelquefois des noyaux aplatis de *baryte sulfatée;* dans certaines couches, elle présente des veines de *jaspe*, et dans d'autres elle forme des espèces de *conglomérats;* enfin, on la trouve disséminée en petits fragmens dans une *argile endurcie (par le silex)* grisâtre ou noirâtre. Les premières couches de ce terrain reposent, en gisement transgressif, au fond du puits Saint-George de la mine de Littry, et à une profondeur de 223m36, sur des couches minces et presque verticales, d'un *quarz grenu* intermédiaire.

b. Partie moyenne. Couche de houille, de 2 à 4 mètres de puissance, qui renferme assez souvent des morceaux de bois silicifiés, dont quelques-uns paraissent avoir appartenu à des plantes dicotylédones, avec schiste argileux à empreintes de *fougère* et autres végétaux, calcaire grisâtre, grès houiller et poudingue quarzeux.

c. Partie supérieure. Grès rouge ancien des Allemands, alternant avec les dernières couches du grès houiller, du schiste et du calcaire, qui dominent dans la masse du terrain précédent. Cette substance se montre à la surface du sol, ou recouverte seulement par quelques couches sableuses, dans plusieurs communes, et entre autres dans celles de Littry, du Breuil, du Molay et de Cartigny.

d. Appendice. Calcaire magnésifère fragmentaire, à fragmens de *grès intermédiaire*, de *quarz hyalin*, de *calcaire marbre,* de *feldspath* et de

phyllade. On ne le trouve pas à Littry; mais il existe dans les communes de Cartigny, de Neuilly, d'Isigny, etc., et, dans cette dernière, il alterne; sur la rive droite du petit Vey, avec les couches d'une argile rouge foncé, qui appartient probablement au terrain de grès rouge nouveau des Anglais.

Malgré quelques relèvemens accidentels, dont un, plus considérable que tous les autres, a fait découvrir la mine de Littry, les couches du terrain houiller du Calvados sont horizontales, ou inclinent légèrement au nord-est, dans la plus grande partie de leur étendue, et c'est à tort que, dans un Mémoire sur la géologie de la Normandie, publié en Angleterre par M. de la Besche, on leur a supposé, à en juger du moins par une des planches de cet ouvrage, une inclinaison de près de 50°.

Terrains traversés, jusqu'à la profondeur de 74m05, en perçant le puits Noël, à la mine de Littry.

1°. Terre végétale	0m	80
2°. Glaise sableuse, mélangée de galets quarzeux rougeâtres	2	»
3°. Sable quarzeux et feldspathique, avec galets	0	30
4°. Grès feldspathique jaunâtre et friable	4	90
5°. Sable glaiseux jaunâtre	0	30
6°. Galets quarzeux rouges ou blancs, avec sable quarzeux et un peu feldspathique blanchâtre	3	50
7°. Glaise rougeâtre avec des taches jaunâtres	0	30
8°. Terrain semblable au n°. 6	0	90
9°. Glaise jaunâtre, avec des taches rougeâtres	1	70
10°. Grès rouge ancien des Allemands	5	10
11°. Argile rouge et galets	1	60
12°. Grès rouge ancien des Allemands	3	80
13°. Calcaire gris foncé	3	»
14°. Schiste argileux et grès houiller alternant ensemble	4	50
A reporter	32	50

	Ci-contre..	32m 50
15°.	Calcaire grisâtre.	0 70
16°.	Schiste argileux avec veinules de grès houiller. .	0 30
17°.	Calcaire grisâtre.	0 60
18°.	Schiste argileux et grès houiller alternant ensemble..	4 00
19°.	Calcaire grisâtre.	0 60
20°.	Terrain semblable au n°. 18.	3 20
21°.	Calcaire grisâtre..	0 20
22°.	Grès rouge ancien des Allemands, avec veinules de grès houiller.	7 40
23°.	Terrain semblable au n°. 18.	1 00
24°.	Grès rouge ancien des Allemands, avec veinules de grès houiller.	4 60
25°.	Schiste argileux avec rognons de grès houiller.	1 50
26°.	Grès houiller en couches bien régulières.	3 00
27°.	Schiste argileux gris foncé..	0 20
28°.	*Id.* avec poudingue quarzeux.	1 20
29°.	*Id.* avec rognons de grès houiller..	10 00
30°.	*Id.* sans mélange..	1 70
31°.	Grès houiller..	1 35
	TOTAL. . .	74m 05

Au-dessous du n°. 24, on n'a plus trouvé de grès rouge, en continuant d'approfondir le puits Noël.

4°. Calcaire a gryphées arquées, avec calcaire lithographique, silex et argile. Il contient des *ammonites*, des *lignites* et plusieurs autres espèces de fossiles. On le trouve dans les communes d'Osmanville, de l'Épinay-Tesson, de N.-D. de Blagny, de Trévières, de Saon, de Blay, de Crouay, de Subles, de Lingèvres. Dans la partie inférieure des carrières de Vaucelles près Bayeux, de Vieux-Pont, et au pied de la falaise des Hachettes, au couchant de Port-en-Bessin.

5°. Calcaire oolithique. *a. Partie inférieure.* Lorsqu'elle repose immédiatement sur le terrain intermédiaire, elle commence assez ordinaire-

nent par quatre ou cinq couches d'un *poudingue* pâte calcaire, enveloppant des noyaux, qui sont presque tous de quarz grenu. Elle renferme des bancs subordonnés d'argile grisâtre ou jaunâtre. Elle contient un grand nombre d'individus de la *ryphœa cymbium*, des *oolithes* (constamment brunes dans les premières assises), beaucoup de *élemnites*, des *ammonites* très-nombreuses et rès-variées, des *trigonies*, du *fer silicaté*, diverses spèces de *bois fossiles*, dont une à *odeur de ruffe* (1), etc. On y a trouvé (dans les bancs 'argile, dit-on) des *poissons* et des débris d'*ichhyosaures*.

Dans plusieurs endroits, on voit, à la partie upérieure de cette portion de la formation oolihique, des couches d'un calcaire blanchâtre, le lus souvent très-tendre, et fort dur cependant ans certaines localités. Il présente quelquefois ne grande quantité de moules intérieurs de *trohus* et de *modioles*, et presque toujours des *olithes* roussâtres ou blanches, qui semblent voir éprouvé une sorte d'altération; ce qui les end assez difficiles à discerner dans bien des morceaux. Ce calcaire s'exploite, pour faire de la haux, à Meslay; il se montre aussi dans la partie a plus élevée des carrières de Croisilles et de Vaucelles, près Bayeux; c'est encore dans les rous et les fissures du même que se perdent, à a fosse du Souci, les rivières d'Aure et de Dromme, dont les eaux vont surgir, avec beaucoup d'autres sans doute, au milieu de couches le nature semblable, au pied des falaises qui ont au levant de Port-en-Bessin.

Outre les lieux qu'on vient d'indiquer, la por-

(1) Voyez le mémoire publié à ce sujet par M. Jules Desnoyers.

tion inférieure du calcaire oolithique se rencontre encore dans les carrières d'Évrecy, de la Caisne, de Curcy, d'Ouffières, de Boulon, de Maltot, de Villers-Boćage, de Landes, et dans celles de plusieurs autres communes. Elle est superposée au calcaire à *gryphées arquées*, à Vieux-Pont, à Vaucelles et dans la falaise des Hachettes.

b. Calcaire marneux. Il est d'un gris bleuâtre ou jaunâtre, et ces deux couleurs se trouvent fréquemment réunies dans un même morceau. Il forme des bancs peu épais, qui, dans les lieux où ce terrain a pris un grand développement, comme dans les falaises de Vierville, de Port-en-Bessin et d'Aromanches, alternent, dans leur partie supérieure, avec les couches d'une *argile* jaunâtre, et dans leur partie inférieure, avec celles d'une *marne* grisâtre ou bleuâtre. C'est à cette dernière que l'on a donné particulièrement le nom de *banc bleu* dans le Calvados. Souvent elle se présente seule, et la partie où domine l'argile jaunâtre manque entièrement, ou est réduite à une ou deux couches fort minces, ainsi qu'on a pu le remarquer dans quelques-unes des carrières d'Allemagne, et lors du percement de la plupart des puits de la ville de Caen.

Le calcaire marneux contient des *gryphées* semblables à celles du calcaire précédent, des *oolithes* grisâtres ou brunes, des *ammonites*, des *bélemnites*, des *térébratules*, des *lignites* (1), des débris d'*ichthyosaures*, beaucoup de *madrépores*, etc. Presque toutes les coquilles qu'il renferme ont conservé leur test nacré. Il repose sur la partie inférieure de la formation oolithique, à la fosse

(1) Le calcaire marneux de Vieux-Pont, entre Caen et Bayeux, en renferme une variété qui est à *odeur de truffe*.

Souci, dans les falaises de Port-en-Bessin; il recouvert, dans d'autres localités, tantôt par le caire de Caen, et tantôt par celui à polypiers.

c. *Calcaire de Caen.* Sa couleur est le blanc èrement jaunâtre, et il est en général assez ndre pour se laisser diviser par la scie. Ses as-es sont séparées par des lits de *silex grisâtres blanchâtres.* On y voit des moules d'*ammonites*, *nautilites*, de *modioles*, de *térébratules*, quel-es *bélemnites*, des espèces de *noyaux siliceux*, ne forme allongée et très irrégulière, qu'on ésume être des *polypiers*, etc. On y a découvert s ossemens de *crocodiles*, mais on n'y a pas en-re trouvé d'*oolithes* ni de *gryphées*.

Entre deux assises inférieures de celui qu'on ploite à la Maladerie, près Caen, on rencontre uvent des morceaux d'un *quarz calcédoi-ux* ordinairement blanchâtre, et quelquefois euâtre, lesquels renferment un grand nombre cellules qui paraissent avoir été occupées par cristaux d'une substance qui a disparu, et 'on croit être du *sulfate de strontiane.* Le même rain fournit, au Fresne-Camilly, des *silex irs*, dont on fait des instrumens pour lisser le rton et le papier.

Le calcaire de Caen s'exploite à Sainte-Croix-antonne, à Carpiquet, à Allemagne, à Fonte-i-le-Marmion, à Quilly, à Aubigny, à Ussy; le trouve encore au pied de la montagne de rbon, à Magny, à Vieux-Fumé, à Vaux-la-mpagne, et dans beaucoup d'autres localités; epose sur le calcaire oolithique inférieur, au nmet de la butte de N.-D. d'Equay, et il est couvert par le calcaire à polypiers, dans les eaux de la Maladerie, de la Folie, de St.-Ju-n, du Moulin-au-Roi, au nord du chef-lieu,

et dans la plaine de Cormelles, au sud-est du même.

d. Calcaire à polypiers, ou partie supérieure du calcaire oolithique. Il paraît uniquement formé, dans certains bancs, par l'assemblage de *lamelles spathiques*, et dans d'autres il contient un grand nombre de *petits polypiers*, beaucoup d'*oolithes* presque toujours blanches et rarement brunes, des *térébratules* lisses et striées, des *trigonies*, des *huitres*, quelques *gryphées cymbium*, des *bélemnites* en très-petit nombre, une *pinnite* d'une grande dimension et fort épaisse, des *encrinites* (1), des *oursins*, des *cérites*, des *turritelles*, etc. Il renferme des bancs subordonnés d'argile et de silex. Il recouvre quelquefois immédiatement le terrain intermédiaire, comme à May, à Gouvix, à Ouilly-le-Tesson, à Condé-sur-Laison, et, dans ce cas, il commence, de même que le calcaire oolithique inférieur, par quelques couches de *poudingue* (2); à Glos et aux Loges près Lisieux, il renferme un banc de pierre lithographique de médiocre qualité, et dans ce dernier lieu, ainsi qu'à Canapville et dans quelques autres endroits, plusieurs couches qui offrent une plus ou moins grande quantité de moules de *coquilles en vis*, qu'on présume être des *cérites*.

On trouve le calcaire oolithique supérieur à la surface du sol, à Vierville, à St.-Laurent, à Port-en-Bessin, à Marigny, à Aromanches, à Ver, à Creuilly, à Biéville, à Hérouville, à Sallenelles, à Ranville, à Sannerville, à Bonnebosq, à Repen-

---

(1) Entre autres l'encrinite piriforme.

(2) Second mémoire de M. de Magneville sur le calcaire à polypiers.

tigny, à Cambremer, à St.-Denis-de-Mailloc, à Mithoys, à Vandeuvre, à la Chapelle-Souquet, à Eraines, à Versainville, ainsi que dans beaucoup d'autres communes du département.

Le raz de Langrune, les rochers plats et le rocher de Lyon appartiennent aussi au même calcaire, et il paraît que celui du Calvados, que la mer laisse très-rarement à découvert, est formé par le *banc bleu*, et peut-être, dans quelques parties, par les calcaires qui lui sont inférieurs.

Falaise des Hachettes, au couchant de Port-en-Bessin.

1°. Calcaire à polypiers	6 à 7	m.
2°. Calcaire marneux avec marne, environ	30	
3°. Calcaire à oolithes roussâtres ou blanches	8	»
4°. *Id.* à oolithes brunes	0	32
5°. *Id.* grisâtre ou bleuâtre, dans lequel on n'a pas encore trouvé de gryphées, mais qui, par sa position au-dessous du calcaire oolithique inférieur, doit nécessairement appartenir au calcaire à gryphées arquées	1	32
6°. Silex	0	32
7°. Calcaire semblable à celui du n°. 5, au niveau des basses marées.		

Falaise au levant de Port-en-Bessin.

1°. Calcaire à polypiers	5 à 6	m.
2°. Calcaire marneux avec marne et argile, environ	50	»
3°. Calcaire à oolithes roussâtres ou blanches, au niveau des basses marées.		

Carrières d'Allemagne-la-Haute.

1°. Terre végétale	0	40
2°. Calcaire de Caen	25	
3°. Calcaire marneux		

Carrière au sommet de la butte de N.-D. d'Équay.

1°. Terre végétale	0	50
2°. Calcaire de Caen, environ	8	»
3°. Calcaire à oolithes brunes inférieur.		

Coteaux au nord de Caen.

1°. Terre végétale, épaisseur très-variable.	
2°. Calcaire à polypiers	*Id.*
3°. Calcaire de Caen	*Id.*

6°. ARGILE BLEUE SUPÉRIEURE AU CALCAIRE A POLYPIERS (1). Cette argile est le plus souvent bleuâtre, et quelquefois grisâtre ou jaunâtre. Elle renferme des débris de *crocodiles*, des *lignites*, beaucoup d'*huîtres très-petites*, ainsi que des couches minces d'un calcaire qui contient des *térébratules* et des *ammonites*. On la trouve à Honfleur, à Trouville, à Amfreville, à St.-Samson, à Sallenelles et au pied du cap la Hève, dans le département de la Seine-Inférieure. Les géognostes anglais considèrent l'argile bleue comme faisant partie du système supérieur du calcaire oolithique.

7°. SABLES ET ARGILES INFÉRIEURS A LA CRAIE. Au-dessus du calcaire à polypiers, que l'on exploite à Glos, près Lisieux, on voit une épaisseur de 7 à 8 mètres d'un sable dont la couleur varie du jaune pâle au jaune foncé. Ce sable devient ocreux dans sa partie supérieure, et passe même quelquefois à l'état de *minerai de fer*. Il renferme plusieurs bancs d'un *grès quarzeux à ciment calcaire*, qui contient des *lignites* et des *trigonies* (2). A peu de distance de là, on trouve des couches

(1) Recherches de M. Prévost sur les falaises entre Dieppe et le Cotentin. (Voyez l'*Essai géognostique sur le gisement des roches*, etc., par M. de Humboldt, page 285.)

(2) Observations communiquées par M. de Magneville.

d'argile, qui, avec celles qui existent au Pré-d'Auge et dans quelques communes voisines, les sables de Glos, des Loges, de Roques et autres de même nature, constituent une formation distincte du calcaire oolithique, qu'elles recouvrent souvent immédiatement, et du terrain crayeux, qui leur est supérieur, et dont on rencontre fréquemment les débris épars à leur surface.

Les environs de Bayeux offrent aussi très-abondamment un sable blanc ou jaune, avec des veines d'un brun noirâtre. Il renferme des *fragmens siliceux*, qui paraissent provenir des silex de la formation oolithique. On trouve au-dessous, dans la commune de St.-Vigor, une couche d'argile jaunâtre, et plus bas une autre couche presque uniquement composée de silex semblables à ceux que l'on vient de citer. Cette dernière repose sur un calcaire bleuâtre, qui appartient probablement au calcaire à gryphées arquées.

La terre végétale sableuse qui recouvre ordinairement le sable de l'arrondissement de Bayeux contient, dans beaucoup d'endroits, une grande quantité de *galets*, presque tous quarzeux. Ces galets sont quelquefois réunis par un ciment siliceo-ferrugineux, et forment une espèce de *poudingue*.

M. de la Besche a confondu le sable et l'argile des environs de Bayeux avec le grès rouge ancien des Allemands, et c'est là probablement ce qui lui a fait donner au terrain de ce dernier, dans sa Carte géologique de la Normandie, une étendue qu'il est bien loin d'avoir dans cette province. Tout porte à croire, au contraire, que l'un et l'autre appartiennent à la même formation que les couches de nature semblable qui se trouvent dans les arrondissemens de Lisieux et de Pont-l'Évêque.

sont également supérieures au calcaire oolithique.

8°. CRAIE CHLORITÉE (1), avec argile, marne et silex. Elle occupe la surface du sol dans presque toute l'étendue des cantons de Livarot, d'Orbec, de Lisieux (est), de Blangy, d'Honfleur, de Pont-l'Evêque, et dans une portion plus ou moins considérable de ceux de Dives, de Cambremer, de Lisieux (ouest), de Mézidon et de Saint-Pierre-sur-Dives. Elle renferme des *coquilles bivalves*, des *oursins*, un petit nombre de *polypiers*, une assez grande quantité de *serpules* et quelques autres fossiles.

9°. GRÈS SUPÉRIEUR A LA CRAIE. MM. de Magneville et Pattu ont reconnu sur les coteaux qui sont au levant et au couchant d'Orbec, ainsi que dans la commune de Friardel, l'existence d'un *grès blanc sans coquilles*, dont les couches horizontales et peu suivies sont ordinairement séparées par des lits minces d'argile plastique.

Cette roche présente deux variétés : la première, qui est très-dure, repose assez souvent sur les bancs d'un poudingue formé de silex semblables à ceux de la craie qu'il recouvre, et qui sont réunis par un ciment de grès; le même poudingue se montre quelquefois seul à la surface du sol, et il paraît former en général, sur-tout sur les coteaux voisins de la ville d'Orbec, la masse principale du terrain auquel il appartient; la deuxième, qui est assez tendre, ne laisse apercevoir au-dessous d'elle que des dépôts siliceux provenant de la désagrégation de quelques-unes de ses couches.

Le grès de cette formation s'exploite, pour faire des pavés, à Saint-Laurent-des-Grès, dans

---

(1) On ne se sert de cette expression que comme d'une abréviation.

le département de l'Eure, et à Boscrenoult, dans celui de l'Orne.

10°. Alluvions. La plage, dans le département du Calvados, est couverte de *cailloux roulés* de différentes natures. On y voit, de plus, ainsi qu'à l'embouchure des rivières qui se jettent dans la mer, des dépôts d'un sable silicéo-calcaire, appelé *tangue* dans le pays, et qui est employé comme engrais par les cultivateurs. On y remarque aussi, mais dans quelques endroits seulement, une espèce de *poudingue*, qui paraît être de formation très-récente. Dans l'arrondissement de Bayeux, elle offre des blocs souvent assez considérables d'un *tuf calcaire*, déposé par les eaux qui sortent des falaises. On y trouve encore de la *tourbe* et des *pyrites*, qui servent à alimenter la fabrique d'acides et de sels minéraux d'Honfleur, lorsqu'elle est en activité : elle laisse apercevoir, en face de Bernières, lorsque la marée est basse, des *troncs d'arbres*, qu'on regarde comme les restes d'une ancienne forêt, dont le sol a été envahi par la mer; enfin, les rochers situés entre Beuzeval et Villers-sur-Mer, et auxquels on a donné le nom de *Vaches noires*, ne sont, suivant toute apparence, que des masses détachées des falaises voisines, ou restées sur place, lors de la destruction d'une partie des mêmes falaises par les eaux. C'est dans la dernière de ces communes que l'on a trouvé les quatre palettes *d'une dent d'éléphant d'Asie*, qui sont dans le cabinet de la ville de Caen.

Le fond de toutes les vallées présente des couches de *sable*, d'*argile*, et autres débris des terrains dans lesquels elles sont creusées, ou qui y ont été charriés des terrains plus éloignés par

les eaux auxquelles elles donnent écoulement. Dans quelques localités, ces débris sont encore reconnaissables ; et pour en citer un exemple, on voit aux Cerisiers, près de Bénouville, sur la rive gauche de l'Orne, une couche qui n'est formée que de cailloux peu arrondis, provenant du terrain de transition qui occupe une portion du sol du département.

La *tourbe* s'exploite dans les environs de Troarn, à Sicqueville et sur les bords de la petite rivière de Provence. On en a extrait anciennement à Juaye et à Saint-Amator, arrondissement de Bayeux, et il s'en trouve également dans quelques autres parties du Calvados où il existe des prairies marécageuses.

Ce département possède aussi plusieurs sources d'*eaux minérales*; mais je crois inutile d'en donner la liste ici, attendu qu'elle a déjà été imprimée dans différens ouvrages.

Je n'ai pas la prétention de faire connaître, par ce résumé très-succinct, tout ce que renferment de remarquable les terrains du Calvados; mon intention est seulement de donner une idée de leur ensemble, afin de faciliter l'étude particulière de leurs diverses formations, et d'offrir un moyen simple et commode de classer les échantillons des roches qui les composent, dans les cabinets où ils ont été déposés.

EXTRAIT

D'un mémoire géologique de M. Garnier, Ingénieur au Corps royal des Mines, sur les terrains du Bas-Boulonnais, et particulièrement sur les calcaires compactes ou grenus qu'il renferme.

Le mémoire dont on va donner un extrait ayant principalement été rédigé dans le but de faire connaître quelles sont les parties du Bas-Boulonnais où se trouvent les couches de calcaires que l'on exploite ou que l'on pourrait exploiter avec le plus d'avantage comme marbres, l'auteur a dû nécessairement entrer dans de plus grands détails sur ces calcaires que sur les autres terrains qui les accompagnent. Cependant, comme le travail auquel il s'est livré est de nature à donner une idée de la constitution de la contrée qu'il a décrite, les rédacteurs des *Annales des Mines* ont pensé qu'on lirait avec intérêt un extrait de la partie géologique de ce mémoire.

L'auteur commence par décrire les terrains les plus nouveaux du Bas-Boulonnais, et pour donner à son mémoire la clarté désirable, il y a joint une carte géognostique, sur laquelle ces terrains sont désignés par différentes teintes.

Le Bas-Boulonnais est parfaitement déterminé

(1) Ce mémoire, dont la *Société d'agriculture, de commerce et des arts* de Boulogne-sur-mer a voté l'impression, a été couronné dans sa séance publique du 15 juillet 1822.

par une chaîne de montagnes crayeuses, qui s'étend, presque en forme de demi-cercle, depuis Wissant, situé sur les bords de la mer, entre les caps Grisnez et Blancnez, jusque vers Neufchâtel, à deux lieues environ du port d'Étaples. Sur le penchant de cette chaîne crayeuse se trouvent les communes d'Audembert, Leubringhen, Landrethun, Caffiers, Fiennes, Hermelinghen, Habringhen, Guelgues, Saint-Martin, Desvres, Lebreuil, Tingry, Verlincthun, Neufchâtel et Camiers; et d'après la courbe presque demi-circulaire qu'elle affecte, l'on sent que sa pente, qui, depuis Wissant jusqu'au village de Fiennes, est à-peu-près vers le sud, doit changer peu-à-peu relativement aux différens points de l'horizon vers lesquels elle tend : aussi cette pente, depuis Desvres jusqu'à Neufchâtel, est presque en sens inverse de celle que l'on remarque depuis Wissant jusqu'à Caffiers. D'après cette diversité dans la direction et l'inclinaison des différentes parties de cette chaîne, il s'ensuit que l'extrémité supérieure de tous les plans inclinés qui forment les versans des montagnes crayeuses dont le Bas-Boulonnais est entouré, et qui doit alors donner naissance à une courbe rentrante sur elle-même, peut être considérée comme l'arète ondulée qui circonscrit le vaste plateau de craie d'où l'on découvre toute l'étendue du pays dont l'auteur fait connaître les différentes couches minérales. D'après cette limite, déterminée sur la carte jointe à son mémoire, on voit que cette partie du département du Pas-de-Calais est peu étendue; mais, par cela même, elle offre un plus vif intérêt au géologue qui désire en faire l'objet de ses études, en lui donnant

une grande facilité pour constater les points de contact qui peuvent exister entre les différentes natures de terrains dont il cherche à étudier et à connaître la composition.

Les côtes qui bordent le département du Pas-de-Calais, depuis Étaples jusqu'au-delà de Wissant, laissent facilement apercevoir une succession de roches de différentes natures; mais lorsqu'on s'avance, à partir de ces côtes, dans l'intérieur du pays, elles disparaissent entièrement par suite de la terre végétale dont elles sont recouvertes.

La première de ces roches, celle qui se montre constamment à la partie supérieure des falaises, est un grès calcaire dont les couleurs passent du gris jaunâtre au gris un peu bleuâtre, et qui contient souvent, par places, une immense quantité de coquillages. Cette formation de grès à pâte calcaire, passant, dans différentes localités, à un calcaire siliceux, se remarque principalement au Mont-Lambert, à l'église de Saint-Martin, et sur toute la côte, à partir des moulins de Ningle jusqu'au cap Grisnez. Cette roche, dans laquelle on aperçoit quelques grains de chlorite ou de silicate de fer, renferme, sur-tout au Mont-Lambert et dans les endroits compris entre la pointe à Zoye et le port de Wimereux, de très-belles ammonites, et un grand nombre de coquilles bivalves, dont la majeure partie appartient à la famille des ostracées. L'étendue superficielle qu'elle occupe paraît se terminer à une ligne qui passerait par les communes d'Audinghen, Wacquinghen, Alincthun et le hameau d'Écaux.

Au-dessus de cette roche, on remarque tou-

jours, dans les escarpemens des falaises, des couches presque constamment argileuses, d'une couleur d'un gris bleuâtre, qui alternent avec d'autres couches grises un peu moins argileuses et plus calcaires, remplies d'une immense quantité de petites bivalves. Ces argiles se décomposant beaucoup plus facilement par l'influence atmosphérique que les corps fossiles qu'elles contiennent, il s'ensuit que ceux-ci restent en saillie dans les endroits où les couches argileuses se présentent au jour : en effet, on voit leurs tranches hérissées d'une infinité de petites pointes, toutes disposées en lignes à-peu-près parallèles par suite de la structure schisteuse de ces argiles.

Les couches de calcaires gris, quelquefois épaisses d'un, deux et trois pieds, sont, dans certains endroits, très-homogènes, et ne renferment alors qu'un très-petit nombre de coquilles. Ces couches, formées d'un calcaire dont la texture approche quelquefois de l'état cristallin, mais qui le plus souvent est compacte et d'une cassure inégale, se remarquent, 1°. vis-à-vis le fort de la Crèche, à l'endroit où la masse entière du terrain éprouve un fort contournement; 2°. près de Boulogne, au-dessus de la Tour-d'Ordre; et 3°. des deux côtés des moulins de Ningle. C'est sur-tout au fort de la Crèche que l'on voit parfaitement le passage successif, ou plutôt l'alternative des couches d'argile remplies de coquillages avec le calcaire gris dont il est ici question. Toutes ces formations, qui contiennent quelques petits grains de chlorite, et qui ont une parfaite analogie avec celles du pays de Bray, dont fait mention M. d'Omalius-d'Halloy, dans son

Mémoire sur les terrains des environs de Paris, recouvrent presque constamment une autre roche très-dure, située à la base de tous les escarpemens, et qui paraît être composée d'une immense quantité de grains de quarz, réunis par une pâte calcaire grise, légèrement verdâtre. Cette roche, qui contient une assez grande quantité de chlorite, et qui est analogue au grès vert des géologues anglais, se rencontre principalement du côté du Moulin-Hubert, où elle renferme une quantité innombrable de grandes coquilles, parmi lesquelles existent des ammonites parfaitement caractérisées. La partie supérieure d'une des couches que forme cette roche, et qu'on distingue, sur la plage, sur une assez grande étendue, est remplie de petits filons parfaitement parallèles entre eux, composés de chaux carbonatée lamelleuse d'une couleur blanche. Il paraît que la matière verte, si improprement nommée chlorite, est entrée, comme corps étranger, dans la composition des différentes roches que l'auteur décrit, et il pense qu'elles peuvent toutes être comprises dans une seule et unique formation. Leur passage successif des unes aux autres, les mêmes espèces de coquilles qu'elles paraissent contenir, les couleurs à-peu-près semblables qu'elles ont, et leurs caractères minéralogiques, qui quelquefois sont identiques, ne doivent faire naître aucun doute à cet égard.

Si l'on examine la roche dont l'affleurement se montre sous les sables vis-à-vis le hameau d'Écaux, on reconnaîtra que cette roche, située au-dessous de toutes celles dont il vient d'être question, est un calcaire un peu marneux et assez compacte, d'une couleur ordinairement d'un gris

jaunâtre, et dont la cassure est tantôt inégale, tantôt unie et tantôt conchoïde. On rencontre ce calcaire près de Caudette, au Mont-Lambert, dans le flanc de la montagne, à Heldin-l'Abbé, à Selles, le Crocq, au mont d'Étoucaut. Dans ce dernier endroit, on le voit formant trois ou quatre couches, épaisses chacune d'un ou deux pieds, et séparées par de petites salebandes argileuses : cette roche calcaire, à-peu-près horizontale, et qui donne de bonne chaux hydraulique, paraît être analogue à l'assise supérieure du Jura, et peut-être doit-elle être comprise dans la grande formation de calcaire horizontal de M. d'Omalius-d'Halloy.

En examinant les terrains du Bas-Boulonnais, à partir de Colembert, Wast, jusque vers la ligne qui passerait par les communes de Marquise, Rinxen, Hardinghen et Hermelinghen, on remarque, d'après l'inspection des carrières qui existent à Ardenthun, Haute-Wiave, Guelgues, Bouquinghen, qu'ils sont composés d'un calcaire oolithique, dont les grains les plus forts sont de la grosseur d'un anis, et qui diminuent au point de devenir presque indiscernables à la simple vue. Ce calcaire, immédiatement au-dessous du précédent, est parfaitement stratifié, et les couches qu'il forme ont une très-légère inclinaison vers l'ouest-nord-ouest ; il ressemble beaucoup à celui du Jura, et il contient, sur-tout dans les dernières couches de la formation, un très-grand nombre de térébratules d'une conservation admirable.

Dans les carrières de Bouquinghen, on distingue très-facilement dix-neuf couches, qui, toutes, sont comprises dans la formation du

calcaire oolithique. Les huit premières, à partir de la surface du sol, dont l'épaisseur varie depuis 6 pouces jusqu'à 18 pouces, peuvent être considérées comme composées de calcaires marneux plus ou moins homogènes, que l'on emploie presque exclusivement à faire de la chaux. Quant à ceux dont sont formées les couches situées au-dessous de la huitième, et qui sont séparées de celle-ci par de l'argile d'un gris noirâtre et très-onctueuse, ils sont employés pour pierres de construction ; ce sont ces couches exploitées qui donnent les calcaires connus sous le nom de *pierres de Marquise*, qu'il ne faut pas confondre, comme on le fait quelquefois, avec les marbres situés à une certaine distance de là.

Cette formation de calcaire oolithique (le plus ancien de tous les calcaires peu susceptibles de recevoir le poli), se remarque principalement à Bouquinghen, Ardenthun, Guelgues, Leubringhen, la Heronnerie, et elle recouvre immédiatement dans quelques parties, mais sur une faible épaisseur, le calcaire compacte que l'auteur décrit dans la seconde partie de son mémoire.

Au-dessous de ce même calcaire existent les marbres du Boulonnais ; et enfin au-dessous de toutes ces formations, se trouvent les couches de houille qui sont exploitées à Hardinghen, et dont la direction et l'inclinaison sont représentées sur la carte. On voit donc que le petit bassin dont on a désigné les limites, considéré sous le rapport géologique, diffère essentiellement de tout le reste du département du Pas-de-Calais, qui ne présente que des terrains crayeux, sans aucune association d'autres roches.

En considérant ici les différentes formations du Bas-Boulonnais, suivant leur ordre d'ancienneté, et en commençant à les énumérer par celles qui ont été déposées les dernières, on peut en distinguer cinq :

La première comprend la craie :

La seconde, un grès calcaire, passant du gris jaunâtre au gris bleuâtre ;

Des argiles grises coquillières, alternant avec des calcaires gris avec ou sans coquilles;

Un aggloméré très-dur de grains de sable, de calcaire gris et de grains de chlorite :

La troisième, un calcaire gris jaunâtre, souvent blanc jaunâtre ;

Un calcaire oolithique (ces deux calcaires sont analogues à ceux qui composent les couches supérieures du Jura) :

La quatrième, un calcaire compacte (marbres):

Et la cinquième, le terrain houiller.

Seconde division.

Les calcaires compactes et quelquefois grenus du Boulonnais, qui, par leur dureté et leur homogénéité, sont susceptibles de recevoir un beau poli, sont tous contenus dans une faible étendue de terrain terminée vers l'occident par la route de Marquise à Calais, au sud par celle qui conduit de cette ville au village d'Hardinghen, connu par les couches de houille que l'on y exploite depuis long-temps, et au nord et à l'orient par une partie de la chaîne crayeuse dont on a parlé dans la première division.

Les couches de ces calcaires, qui offrent, de

distance en distance, sur une étendue de près de deux lieues, différens centres d'exploitation, sont celles qui sont les plus anciennement connues; et les premiers affleurémens que l'on remarque, en partant de la route de Marquise à Calais, et en s'avançant vers le village de Ferques, se trouvent près de la ferme de La Côte. Toutes les exploitations auxquelles ces calcaires donnent lieu sont entreprises dans les villages de Malassise, les Bardes, le Point-du-Jour, le Vieux-Moulin, situé un peu avant le bois de Beaulieu, et Fiennes, et toutes présentent des calcaires d'une identité parfaite. Ils sont en général d'un gris brun; cependant cette couleur ne s'étend que sur une partie de leur masse, car la plupart des échantillons offrent des parties beaucoup moins brunes, et dont la couleur est quelquefois d'un gris jaunâtre nuancé d'un rouge brun. Cette couleur brune foncée étant répartie par taches, on serait souvent tenté de croire, lorsqu'on est à une certaine distance de ces marbres, qu'ils doivent être rangés dans la classe des brèches; mais cette erreur est promptement dissipée lorsqu'on les examine de plus près : toute leur masse est ordinairement homogène; et quoique les parties les plus claires paraissent quelquefois moins compactes que les autres, ils n'en doivent pas moins être regardés comme étant, sous le rapport de leur structure, d'une parfaite homogénéité. Ces mêmes calcaires, dont l'inclinaison pend ordinairement vers le sud-ouest de 50° environ, et dans lesquels existent de très-petites fissures d'une couleur d'un rouge sanguin, sont remplis de corps marins et de coquilles, dont quelques-unes conservent encore leur éclat nacré; des entroques

et des térébratules s'y font particulièrement remarquer.

Jusqu'à présent, la bande calcaire dont il est ici question n'a été reconnue en longueur que depuis la ferme de La Côte jusqu'au village de Fiennes ; car les terrains de plus nouvelle formation, et que l'on a déjà décrits, la recouvrent de part et d'autre de ces limites, sans qu'on puisse avoir des données certaines sur sa direction prolongée. Cependant il est bien probable qu'au-delà de Fiennes cette bande se prolonge, à une distance indéterminée, au-dessous des montagnes de craie qui bordent le Bas-Boulonnais.

Il est probable aussi, quoiqu'elle ne soit exploitée ou reconnue que sur une faible largeur, qu'elle s'étend au-delà de Cambreseque, du bois de Beaulieu et vers le nord ; rien n'en donne cependant la certitude, puisque aucun affleurement de calcaire compacte ne se montre au jour au-delà de ces villages.

Si l'on quitte cette bande calcaire, et si l'on s'avance, en partant de la ferme de La Côte vers la commune de Leulinghen, en suivant une direction sud-ouest, on remarque, entre ces deux villages, des affleuremens de couches composées d'une roche qu'on prendrait, à la première vue, pour un grès ou un calcaire surchargé de silice ; mais, après un plus mûr examen, on reconnaît qu'elle a beaucoup de ressemblance avec certaines variétés du calcaire magnésifère des Anglais ; elle est à très-petits grains, et en faisant jouer les échantillons à la lumière, on aperçoit qu'ils sont composés d'une infinité de petites parcelles brillantes. Plus on s'avance vers Leulinghen, et plus

cette roche, dont la direction et l'inclinaison sont semblables à celles des couches de la bande de Ferques, prend l'apparence et la structure du calcaire magnésifère à grains très-fins. Si, au lieu de s'avancer vers Marquise, toujours suivant une direction sud-ouest, on se dirige, à partir de ces premiers affleuremens, parallèlement à la direction de cette bande calcaire, on trouvera, près de Ferques, mais avant les Bardes, et à deux cents pas des carrières exploitées, de véritables grès d'un grain très-fin, d'une couleur d'un gris blanchâtre, avec une très-légère teinte verdâtre, et contenant beaucoup de petites paillettes de mica. Ces grès, que l'auteur n'a pu observer que sur une faible étendue, lui ont paru être recouverts, sur une petite hauteur, de quelques feuillets de schistes siliceux et calcaires. Enfin, si en suivant toujours la même direction, on se transporte jusqu'à l'extrémité du bois d'Argencourt, on retrouvera dans cet endroit, et même en descendant vers le Carbon de Fiennes, d'autres affleuremens de couches de grès ayant toujours une direction et une inclinaison semblables à la bande de calcaire de Ferques, et dont la texture est absolument semblable à ceux situés près de ce village. Ils sont simplement plus blancs; mais une légère teinte verdâtre s'y fait toujours remarquer : or, maintenant, si l'on revient aux carrières de calcaires de Leulinghen, et qu'on se dirige de ce dernier point vers les côtes crayeuses, toujours sur une direction moyenne du nord-ouest au sud-est, on acquerra la preuve que ces couches de grès sont intercalées entre des couches de calcaire, et, ce qui est digne de remarque, que la texture du calcaire, à partir de ces grès et du

côté du midi, n'est plus semblable à celle de cette roche, qui se trouve située au-delà de ces mêmes grès vers le nord. Ceux qui sont plus au midi paraissent, en général, beaucoup plus compactes, et la teinte brune, qui sert de caractère distinctif aux calcaires du nord de la grande bande de Ferques, ne peut plus caractériser ceux du midi. Cette teinte disparaît, et elle est remplacée par celle de gris cendré; leur cassure est en même temps compacte et esquilleuse, et peut-être contiennent-ils moins de coquillages que les premiers. A la carrière de Leulinghen, l'on aperçoit très-bien la direction et l'inclinaison des différentes couches calcaires, qui ont d'un à deux pieds d'épaisseur. Parmi les calcaires que ces couches présentent, il y en a de gris mélangé d'une teinte rougeâtre, et qui ont une cassure très-compacte et esquilleuse; quelques-uns même ont une structure oolithique.

En partant de cette carrière, et suivant toujours les affleuremens des couches, on arrive à celle qui, depuis qu'elle a commencé à être exploitée en 1803 et 1804, a fourni le marbre le plus estimé de l'arrondissement de Boulogne; et c'est la découverte que l'on en a faite qui a donné lieu à la notice adressée, en 1808, à l'Athénée des Arts de Paris, par MM. Rondelet et Goulet.

Le calcaire extrait de cette carrière diffère beaucoup, sous le rapport de la couleur, de celui de la grande bande de Ferques. Au lieu d'être d'un gris brun rougeâtre, il est d'un gris pâle de café au lait, et passe quelquefois au gris foncé; souvent des veines contournées de chaux carbonatée cristallisée, blanche et transparente, existent au milieu de la masse, composée, en grande

partie, de calcaire à cassure compacte. Quant aux différentes nuances qui résultent du mélange de ces couleurs, elles sont tellement entremêlées, qu'elles donnent lieu à des dessins de feuillages d'autant plus agréables, que ces variations de couleurs sont plus répétées, et que les veines de chaux carbonatée cristallisée sont plus nombreuses, plus larges et plus transparentes.

L'auteur passe ensuite à un autre système de couches qui, quoique présentant des caractères minéralogiques presque identiques avec les calcaires de la grande bande de Ferques, en diffèrent totalement sous le rapport de la direction et de l'inclinaison. Les couches calcaires de ce nouveau système, connues sous le nom de carrières du haut banc, existent depuis le village d'Hélinghen jusqu'à la Basse-Normandie; les escarpemens que présentent ces carrières sont très-élevés, et paraissent offrir des traces d'une exploitation fort ancienne : ceux qui sont situés sur la côte de la vallée, le plus à l'ouest, sont souvent verticaux, et présentent des arêtes très-vives et très-bien conservées. Ces escarpemens, qui s'étendent depuis le château des Barreaux jusqu'au village de la Basse-Normandie, proviennent d'exploitations successives, entreprises sur une grande partie des couches qui se montrent dans cette vallée; quelques-unes de ces couches sont sillonnées, dans le sens de leur direction, de fissures, qui, sans doute, se sont formées par le retrait qu'ont éprouvé, en se solidifiant, ces couches calcaires, et dont les parois sont tapissées de cristaux de chaux carbonatée de différentes formes, dont les principales sont les variétés prismatiques hexaèdres et métastatiques; mais ce qu'il y a de plus remarquable dans l'en-

semble de toutes ces couches, c'est que leur direction fait un angle assez ouvert avec celle des carrières de Ferques, et que leur inclinaison, qui pend vers le nord-ouest, est presque perpendiculaire à celle de ces dernières, qui se dirige vers le sud-est. Leurs affleuremens, reconnus depuis le château des Barreaux jusqu'au village de la Basse-Normandie, disparaissent ensuite par l'abaissement rapide des terrains situés à droite et à gauche de l'axe de la vallée, qui se dirige du nord-est au sud-ouest. Au-delà des deux extrémités de cette vallée ou gorge profonde, on ne peut plus avoir que des données problématiques sur la direction de ces couches, puisque la terre végétale ou de légères couches de calcaire oolithique ne permettent plus de suivre au jour leur affleurement.

Les calcaires du haut banc, qui jouissent tous à un haut degré de la propriété de recevoir un beau poli, n'ont cependant jamais été exploités que pour pierres de construction ; leur couleur uniforme de gris cendré plus ou moins foncé s'oppose, en effet, à ce qu'ils puissent offrir quelques dessins variés. Néanmoins l'auteur a cru devoir s'étendre sur ces calcaires, afin de comprendre dans son travail tout ce qui a un rapport direct avec les marbres du Boulonnais. Ces calcaires très-compactes ont ordinairement une cassure conchoïde, et les différentes arêtes suivant lesquelles se joignent ces cassures, sont presque aussi nettes et aussi tranchantes que celles des silex pyromaques.

Sur le bord de la route qui conduit de Marquise au village d'Hardinghen, et presque vis-à-vis le château des Barreaux, on remarque d'autres masses de calcaire parfaitement stratifiées,

et dont l'inclinaison et la direction sont semblables à celle de la bande de Ferques : ces masses ou couches se prolongent sans doute de part et d'autre de l'endroit où on les exploite ; car, près d'Hardinghen, dans un bois qui porte le nom de *Bois des Roches*, on retrouve des affleuremens d'autres couches qui ont une direction parfaitement semblable à celles des calcaires dont l'auteur parle. Il a même indiqué, sur la carte géognostique jointe à son mémoire, la position de ces affleuremens, de manière qu'en la consultant on peut embrasser d'un seul coup d'œil l'ensemble de toutes les couches que contient le Bas-Boulonnais, et qui sont susceptibles de donner des calcaires propres à acquérir le poli.

L'auteur, pour ne rien laisser à désirer sous le rapport de la description de toutes les substances minérales qui accompagnent les calcaires qu'il a décrits, dit un mot des couches de houille qu'ils recouvrent, et termine son mémoire par quelques considérations géologiques sur ces mêmes calcaires.

Les couches de houille situées dans le Bas-Boulonnais sont au nombre de cinq, et comme leur inclinaison se dirige tantôt au nord, tantôt au nord-ouest, il s'ensuit qu'elles poussent et s'enfoncent, à une profondeur indéterminée, au-dessous des calcaires du haut banc; mais, du côté du nord-est, elles se terminent à des couches de calcaire, qui, sans doute, font partie de ceux qui composent la grande bande de Ferques : quant à leur tête et à leur partie supérieure, elle prend naissance presque au jour, et n'est recouverte que par quelques couches de sable peu épaisses. L'étendue de ces couches de houille est

donc parfaitement déterminée ; mais il est probable, quoiqu'elles soient les seules reconnues et exploitées depuis long-temps, qu'il en existe d'autres dont l'inclinaison est en sens contraire de celle des couches dont parle l'auteur. Quelques recherches, entreprises, il y a peu d'années, au Bois des Roches, ont, en effet, mis à même de reconnaître que des calcaires semblables à ceux qui composent la formation des marbres du Bas-Boulonnais recouvrent une couche de houille, dont l'inclinaison pend vers le sud-est. Il paraît, en outre, qu'il existe au-dessous de cette couche, dont on n'a pas entrepris l'exploitation, à cause de l'affluence des eaux dans le puits de recherche, non-seulement des grès, mais, ce qui est bien plus intéressant sous le rapport géologique, des calcaires compactes identiques avec ceux situés un peu au midi de l'endroit où ces recherches ont eu lieu. L'auteur fait remarquer à ce sujet qu'il ne doit pas paraître extraordinaire que l'on ait rencontré des couches de combustible fossile dans le bassin du Bas-Boulonnais, inclinées en sens contraire à celles que l'on exploite actuellement ; et il rappelle à ce sujet une observation que M. d'Aubuisson-de-Voisins, dans son *Traité de Géognosie*, fait, d'après Saussure, sur la forme qu'affectent quelques couches supérieures du Jura, et qui le porte à penser « qu'originairement le » Jura était formé de plusieurs chaînons parallèles et en forme de dos-d'âne, lesquels » étaient composés de couches concentriques à » leur axe, et pliés par conséquent comme des » berceaux de voûtes ; mais qu'ensuite la dégradation du sol a changé cette disposition, et » fait disparaître en un grand nombre d'endroits

» le parallélisme. » Or, de semblables conséquences peuvent être tirées de la position que présentent les houilles du bassin du Bas-Boulonnais; et en effet on peut, avec probabilité, supposer que les couches situées au nord du Bois des Roches étaient primitivement réunies avec celles qui paraissent exister au-dessous de ce bois, et que, par une suite nécessaire de la destruction successive des parties supérieures qui ont été emportées par les eaux, il est résulté que ces couches, qui pouvaient d'abord présenter une courbure convexe vers le haut, doivent offrir actuellement deux systèmes différens, dont les inclinaisons paraissent tendre vers des points opposés de l'horizon.

M. d'Omalius-d'Halloy, qui s'est particulièrement occupé de la géologie du nord de la France, et avec cette supériorité de talent qu'on lui connaît pour déterminer et classer entre eux, suivant leur ancienneté relative, les différens terrains qui peuvent entrer dans la composition d'une grande étendue de pays, avait d'abord rapporté les calcaires du Boulonnais à ceux de transition; mais depuis, dans une note jointe à un mémoire qu'il a lu à l'Institut, sur le terrain des environs de Paris, il a cru devoir leur assigner une place plus récente dans la suite des formations, et les ranger parmi ceux auxquels les Allemands donnent le nom de *zechstein*, et qu'on regarde comme étant analogues à l'ancien calcaire alpin : d'autres personnes seraient tentées de l'assimiler au *muschelkalk* (calcaire coquillier de Werner). Cette incertitude dans le rang qu'il convient de donner au calcaire boulonnais prouve combien il est difficile d'établir les principes qui doivent servir à déterminer l'identité ou la dif-

férence qui peut exister entre les formations de calcaires, qui, successivement, ont suivi celle des roches primitives. Les caractères minéralogiques et sur-tout géologiques du *zechstein*, et qui sans doute ont porté M. d'Omalius-d'Halloy à considérer le calcaire du Boulonnais comme lui étant semblable, ont en effet beaucoup de rapports; cependant, quoique l'auteur soit porté, avec ce savant géologue, à reconnaître que ce calcaire peut se rapporter au *zechstein*, il fait remarquer qu'il reste encore beaucoup d'incertitude à cet égard : si les recherches, comme il le dit, qui ont eu lieu au Bois des Roches, ont effectivement fait connaître, au-dessous de la couche de houille découverte, des calcaires identiquement semblables à ceux que l'on exploite actuellement dans le Bas-Boulonnais, ne devraient-ils pas alors tous être considérés comme alternant avec les houilles et les schistes bitumineux qui les accompagnent, et par conséquent être compris dans la même formation que ces derniers terrains, laquelle a précédé celle du zechstein? D'un autre côté, les couches subordonnées de calcaire magnésifère (*magnesian-limeston* des Anglais) dont il a été question, et que l'on rapporte à l'ancien calcaire alpin et au *zechstein*, tendraient à prouver que tous ces calcaires sont d'une même formation. Avant donc de prononcer, l'auteur pense qu'il faut attendre que de nouvelles recherches sur les couches du Boulonnais, qui paraissent s'incliner vers le midi, viennent vérifier ou détruire les faits que l'on dit avoir observés lors des premières tentatives entreprises pour découvrir ces nouvelles couches de combustible fossile.

MÉTALLURGIE.

Nous avons pensé que ceux de nos lecteurs qui s'occupent des arts métallurgiques nous sauraient gré de leur faire connaître que M. Culmann, capitaine d'artillerie, attaché aux forges de la Moselle, vient de traduire de l'allemand un ouvrage intitulé : *Manuel de la Métallurgie du fer, par M. Karsten* (1). Ce manuel, fruit de douze années d'observations suivies, et de nombreux essais faits par l'auteur dans les usines dont il était le chef, jouit de la plus grande réputation dans toute l'Allemagne, où la métallurgie est cultivée avec tant de succès.

M. Karsten, en sa qualité de directeur des usines royales de la Silésie, s'est vu à même d'entreprendre une foule d'expériences en grand, très-dispendieuses et d'un prix inestimable, puisqu'elles ne pouvaient guère être exécutées que dans les forges d'un Souverain. C'est en vertu d'une position si heureuse que le savant professeur de Breslaw a pu, mieux que tout autre, pénétrer les secrets de la préparation du fer, et modifier la théorie actuelle, appuyée par les noms imposans de MM. Vandermonde, Berthollet et Monge. Son traité est aussi utile aux propriétaires d'usines qui conservent les anciennes méthodes, qu'à ceux qui veulent employer la houille et le coak, au lieu du bois et du charbon végétal. Les uns et les autres y trouveront des règles certaines sur la construction de leurs foyers, et sur la manipulation des matières : ces règles, soumises au raisonnement, sont toutes basées sur l'expérience; elles présentent une solution complète du grand problème sur la forme la plus avantageuse à donner au vide intérieur des hauts-

(1) Deux vol. in-8°. avec quatre planches gravées sur cuivre. Prix : 11 francs, pour les souscripteurs, et 14 francs, après l'époque de la mise en vente (1er. septembre 1824). A Paris, chez Treuttel et Würtz ; à Metz, chez le traducteur; et chez les principaux libraires et directeurs des postes de la France et de l'Étranger. Les lettres et envois devront parvenir francs de port.

Au sud, par une troisième ligne droite, dirigée de ladite grange au principal corps-de-logis du moulin du Comte, sur la Creuse, et s'arrêtant à la rive droite;

Enfin, à l'ouest, par la rive droite de la Creuse, en partant du point d'intersection de cette rive avec la ligne menée de la grange du sieur Sauvanet au moulin du Comte, jusqu'à la culée nord-est du pont du Moutier, point de départ.

Art. IV. Les concessionnaires paieront aux propriétaires de la surface, en exécution des articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, et conformément aux offres insérées dans les affiches de la demande, une somme annuelle de cinq centimes par hectare, indépendamment des indemnités et dédommagemens prévus par les articles 43 et 44 de la même loi, pour dégâts et non-jouissance de terrain que les travaux d'exploitation pourront occasionner.

Art. V. Les concessionnaires sont également chargés d'acquitter une indemnité de cent francs, une fois payée, à l'inventeur de la mine.

Art. VI. Ils sont aussi assujettis au paiement, envers l'état, des redevances fixe et proportionnelle, en vertu des articles 33 et 34 de la loi du 21 avril 1810, et de la manière indiquée par le décret du 6 mai 1811.

Art. VII. Ils exécuteront toutes les clauses et conditions énoncées au cahier des charges qu'ils ont souscrit, et qui demeurera annexé à la présente ordonnance.

Art. VIII. L'inexécution d'une ou plusieurs conditions de cette concession pourra donner lieu à sa révocation.

Art. IX. Nos ministres secrétaires d'état aux départemens de l'intérieur et des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée par extrait au Bulletin des lois.

Cahier des charges pour la concession de la mine de plomb argentifère de Mornat.

(Extrait.)

Les recherches et l'exploitation de la mine de Mornat seront poursuivies de la manière suivante :

Art. Ier. Le puits sera continué, au moins, jusqu'à cinquante mètres de profondeur totale. Si le filon devient plus puissant, et promet une exploitation avantageuse, le percement sera poursuivi jusqu'au terme au-delà duquel il sera reconnu, d'après les circonstances et la richesse du gisement, que les frais excéderaient la valeur des produits.

La détermination de cette profondeur sera faite par le préfet du département, sur le rapport de l'ingénieur des mines, et après avoir entendu les concessionnaires.

Au fond de ce puits, il sera ouvert, des deux côtés, une galerie d'allongement sur le filon, laquelle sera poursuivie aussi loin que possible.

Art. II. Aussitôt que le puits actuel aura atteint la profondeur de cinquante mètres, il en sera ouvert un second sur la direction du filon, au nord du premier, et à une distance qui sera déterminée par le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines. Ce puits sera conduit à la même profondeur que le précédent, avec lequel il sera mis en communication au moyen de la galerie d'allongement prescrite par l'article 1er.

Art. III. L'exploitation proprement dite commencera par les parties situées au nord du deuxième puits, en partant du point le plus profond et en remontant vers le jour. La galerie inférieure d'allongement sera constamment entretenue en bon état dans toute sa longueur, et il sera réservé au-dessus d'elle un massif de deux mètres d'épaisseur, qui ne pourra être enlevé qu'immédiatement avant l'abandon de la mine, et après avoir prévenu le préfet du département.

D'autres galeries d'allongement seront percées à diverses hauteurs, entre les deux grands puits d'extraction, et mises en communication, de distance en distance, par des puits intérieurs, au moyen desquels on reconnaîtra la richesse du filon dans toute son étendue, et on le divisera en massifs.

L'exploitation de chaque champ aura lieu de bas en haut, et en remblayant les espaces excavés. Des massifs de trois mètres d'épaisseur au moins seront réservés intacts des deux côtés de chaque puits d'extraction pendant toute la durée de l'exploitation.

Art. IV. Si le filon se prolonge vers le nord, au-delà du second puits, on percera de ce côté, s'il y a lieu, un nouveau puits, à la distance déterminée par le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines. En général, les massifs réservés des deux côtés d'un puits d'extraction ne pourront être exploités, et ce puits ne pourra être remblayé que lorsqu'il sera remplacé par un autre, percé sur le prolongement du filon, de manière qu'il y ait toujours, au moins, deux puits au jour, entretenus pour le service, l'airage et la sûreté des ouvriers.

Art. V. Toutes les excavations qui ne seront point nécessaires au passage des mineurs ou transport des matériaux, à la circulation de l'air et à l'épuisement des eaux, seront remblayées au fur et à mesure de l'arrachement du minerai.

Art. VI. Dans le cas où l'affluence des eaux nécessiterait l'abandon d'une partie de la mine, et dans ceux où des circonstances nouvelles ou accidens de gisement exigeraient la modification de la méthode d'exploitation qui vient d'être prescrite, il y sera pourvu par le ministre de l'intérieur, sur le rapport du directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. VII. Les concessionnaires seront tenus de laisser constamment libre la route d'Ahun à Chénerailles, qui passe au-dessus de la mine. Dans le cas où la sûreté publique et la solidité de cette route exigeraient soit la construction d'un passage voûté à l'entrée de la mine, soit l'érection de murs de soutènement, il y sera pourvu aux frais des concessionnaires, d'après un arrêté du préfet, rendu sur le rapport de l'ingénieur en chef des ponts et chaussées, et après que l'ingénieur des mines aura donné son avis sur l'utilité des issues, orifices ou autres travaux à conserver. En général, toutes les entrées de galeries et les orifices des puits seront enclos de manière à prévenir tout accident.

Mine d'antimoine de Villerange.

Ordonnance du 24 mars 1824, portant concession de la mine d'antimoine de Villerange (Creuse).

Louis, etc., etc., etc.;

Vu les demandes en concession d'une mine d'antimoine

découverte en 1817, près du moulin de Villerange, dans la commune de Lussat, département de la Creuse; lesdites demandes originairement formées, la première par pétition enregistrée au secrétariat de la préfecture le 16 décembre 1817, au nom des sieurs Fillioux, Couturier, du Saillant, Bayard et compagnie; la deuxième, aussi par pétition enregistrée au secrétariat de la préfecture, le 22 du même mois de décembre 1817, au nom du sieur Peynot; cette demande suivie et renouvelée par ses enfans et héritiers, réunis en société avec les sieurs Verdat et Baugier, par acte en forme du 4 septembre 1820; et la troisième en concurrence, par acte extrajudiciaire du 22 janvier 1818, enregistrée au secrétariat de la préfecture, le même jour, sous le n°. 15, au nom et à la requête du sieur Annet Bruneton, se disant inventeur de la découverte de la mine;

Vu l'avis du préfet de la Creuse, du 17 novembre 1820;

Vu les demandes renouvelées : la première, par pétition enregistrée au secrétariat de la préfecture le 9 juillet 1821, au nom de la société Fillioux, à laquelle se sont réunis le sieur Annet Bruneton, par acte du 25 septembre 1821, et le sieur Charles Peynot, par acte du 30 septembre 1822; et la deuxième, aussi par pétition, enregistrée le même jour 9 juillet 1821, au nom de la société des héritiers de René Peynot, Verdat et Beaugier, cette seconde demande réitérée par acte extrajudiciaire du 4 octobre;

Vu les affiches et certificats de publication des deux premières demandes de 1817, et les nouvelles affiches et certificats de publication de la demande particulière de la société Fillioux, du 9 juillet 1821, ensemble les plans en triple expédition de l'étendue et des limites de la surface des terrains sur lesquels doit s'étendre la concession;

Vu le cahier des charges respectivement souscrit par les demandeurs, et toutes les autres pièces de l'instruction;

Vu les rapports de l'ingénieur ordinaire des mines, des 18 septembre 1818 et 20 novembre 1822, et de l'ingénieur en chef du 28 juin 1823;

Vu la lettre du préfet de la Creuse, du 1er. décembre 1823, et l'avis en forme d'arrêté qui y est joint;

Vu la lettre du même préfet, du 27 du même mois, à laquelle est joint un engagement du sieur Beaugier, en date du 10 décembre 1823;

Vu les lettres et mémoires du sieur Fillioux, mandataire général de la société de ce nom, des 21 novembre et 10 décembre 1823;

Vu les avis du conseil général des mines, des 4 avril 1821, 21 décembre 1822 et 28 janvier 1824, adoptés par notre conseiller d'état directeur général des ponts et chaussées et des mines,

Notre conseil d'état entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. Ier. Il est fait concession au sieur Fillioux, comme mandataire général de la société en nom collectif, constituée à Guéret, par acte du 8 juillet 1821, de la mine d'antimoine de Villerange, commune de Lussat, département de la Creuse.

Art. II. La contenance de cette concession est fixée à un kilomètre carré soixante-dix-neuf hectares soixante-huit ares; elle est délimitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au sud-est, par une ligne droite, menée du clocher de Lussat au milieu du faîte de la maison principale du hameau des Farges; il sera planté une borne au milieu de la façade de cette maison;

Au nord-est, par une ligne droite partant de ce dernier point, et dirigée vers l'angle sud du principal corps-de-logis du moulin de Villerange, en s'arrêtant au point d'intersection de cette ligne droite avec la rive gauche de la Vouise, point où il sera planté une borne;

Au nord et nord-ouest, par la rive gauche de la Vouise, depuis la borne indiquée ci-dessus jusqu'au pont de Bredeix;

A l'ouest, par le pont de Bredeix et par une ligne droite partant de la culée méridionale de ce pont, et dirigée vers le clocher de Lussat, point de départ.

Art. III. L'ingénieur des mines dressera procès-verbal de la délimitation et du placement des bornes qui aura lieu aux frais des concessionnaires, dans le mois qui suivra la notification de la présente ordonnance; deux expéditions de ce procès-verbal seront déposées aux archives de la préfecture et de la commune de Lussat, et il en sera donné avis à notre directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. IV. Les concessionnaires se conformeront aux

clauses et conditions du cahier des charges qu'ils ont souscrit, et qui sera annexé à la présente ordonnance, comme condition essentielle de la concession (1).

Art. V. Ils acquitteront annuellement, entre les mains du receveur de l'arrondissement, les redevances fixe et proportionnelle établies par la loi du 21 avril 1810.

Art. VI. Conformément aux articles 6 et 42 de la même loi, ils paieront aux propriétaires de la surface une indemnité annuelle de cinq francs par kilomètre carré, ou de cinq centimes par hectare, ainsi qu'ils l'ont offert dans leur demande affichée et publiée.

Art. VII. Les concessionnaires paieront, en outre, aux propriétaires de la surface les indemnités prescrites par les articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810, pour dégâts et non-jouissance occasionnés par l'exploitation.

Art. VIII. Ils seront également tenus au paiement de toutes indemnités, à raison de recherches ou travaux antérieurs à l'acte de concession, qui pourraient être dues, et qui seraient déterminées en faveur de qui de droit, conformément à l'art. 46 de la même loi.

Art. IX. Ils se conformeront aux lois et réglemens intervenus et à intervenir sur le fait des mines.

Art. X. Nos ministres secrétaires d'état aux départemens de l'intérieur et des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée par extrait au Bulletin des lois.

Ordonnance du 24 mars 1824, concernant des usines situées en la commune de Quingey (Doubs), *et portant autorisation d'y construire une tréfilerie et un martinet.*

Usines de Quingey.

(Extrait.)

Louis, etc., etc., etc.

Art. Ier. Le sieur Baron Lepin est autorisé, 1°. à main-

(1) Ce cahier des charges est semblable à celui annexé à la précédente ordonnance, concernant la mine de plomb argentifère de Mornat.

tenir en activité dans les forges qu'il possède sur la rivière de la Loue, à Quingey, département du Doubs, son usine propre à la fabrication de la verge de tirerie, qui est composée de deux fours à réverbère, avec un système de huit équipages de cylindres étireurs; 2°. à construire dans l'emplacement qui est au-dessous des cylindres, au premier étage, une tréfilerie composée de dix-huit bobines, qui roulera par les mêmes rouages hydrauliques que les cylindres, et à construire, en outre, sur un éperon nouvellement rétabli un martinet à fabriquer des outils, qui sera mis en mouvement par une nouvelle roue: le tout conformément aux plans joints à la présente ordonnance.

Art. X. Il consommera du bois ou de la houille à volonté; mais le bois qu'il emploiera devra être tiré des forêts qui lui appartiennent, soit dans le canton de Quingey (Doubs), soit dans le département du Jura.

Taillanderie de St.-Barthelemy.

Ordonnance du 24 mars 1824, portant que le sieur Étienne Bourde *est autorisé à conserver et tenir en activité la taillanderie qu'il possède sur le torrent de Doron, à Saint-Barthelemy* (Isère), *sous la condition que ladite usine continuera à être composée de deux petits feux avec un soufflet, d'un martinet à deux marteaux, et d'une meule à aiguiser.*

Usine à fer de la Basse-Indre.

Ordonnance du 14 avril 1824, portant autorisation d'établir une usine à fer au lieu dit la Basse-Indre (Loire-Inférieure).

(Extrait.)

Louis, etc., etc., etc.;

Art. Ier. Les sieurs John Thomas, Hughes et compagnie, sont autorisés à établir, conformément aux plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance, sur la rive droite de la Loire, au lieu dit la Basse-Indre, commune d'Indre, département de la Loire-Inférieure, une usine composée:

1°. De huit hauts-fourneaux à réverbères, destinés à affiner la fonte et à chauffer le fer;

2°. De six laminoirs pour comprimer et étirer le fer à divers échantillons, et même en tôle;

3°. D'une machine à vapeur, de la force de cinquante-cinq à soixante-cinq chevaux, pour faire mouvoir les cylindres, les cisailles et autres machines;

4°. De deux fourneaux à réverbères, pour refondre le fer, le cuivre, le laiton et autres matières;

5°. Enfin de deux forges.

Art. II. Cette usine sera mise en activité dans le délai d'une année, à partir de la notification de la présente ordonnance, et il ne pourra y être employé aucun autre combustible que de la houille.

Art. III. Les impétrans feront construire un pont solide et commode sur le canal qui conduit les eaux de la Loire à la machine à vapeur, marqué sur le plan n°. 20, afin que le chemin de halage ne soit point interrompu, et ils demeureront chargés à perpétuité de l'entretien de ce pont.

Ordonnance du 14 avril 1824, portant que le sieur Saint-Bris *est autorisé à établir, dans le moulin de Nitray, commune de Saint-Martin-le-Beau* (Indre-et-Loire), *une usine à étirer l'acier. Conformément aux plans joints à la présente ordonnance, cette usine sera composée de deux feux de forges et de deux marteaux.* Usine de Nitray.

Ordonnance du 21 avril 1824, portant que le sieur Poulet *est autorisé à maintenir en activité la verrerie propre à la fabrication des bouteilles et des vases, qu'il possède à Marseille* (Bouches-du-Rhône), *à la charge par l'impétrant de ne rien changer à la consistance de cette usine, qui restera composée d'un four de fusion à cinq creusets, pour le verre vert et le verre blanc, et de deux fours à friter les matières destinées à la fabrication du verre.* Verrerie de Marseille.

Mine de houille de Littry.

Ordonnance du 28 avril 1824, portant que, conformément à la soumission faite par les concessionnaires de la mine de houille de Littry, la redevance proportionnelle de ladite mine est fixée, par abonnement, à la somme de cinq mille cinq cents francs pour chacune des années 1823, 1824, 1825, 1826 et 1827.

Usine d'Ancy-le-Franc.

Ordonnance du 5 mai 1824, portant que le marquis de Louvois *est autorisé à établir à Ancy-le-Franc* (Yonne), 1°. *une forge composée de deux feux et d'un gros marteau, à la tête d'eau du moulin à lui appartenant dans la commune de Lezines;* 2°. *un patouillet en aval de son haut-fourneau d'Ancy-le-Franc : le tout conformément aux plans d'ensemble et de détails joints à sa demande, et dont une expédition restera annexée à la présente ordonnance.*

Haut-fourneau de Vireaux.

Ordonnance du 5 mai 1824, portant que le marquis de Louvois *est autorisé à établir un haut-fourneau à fondre le minerai de fer, et un patouillet pour le laver, dans la commune de Vireaux* (Yonne), *à l'emplacement de son moulin de Frangey, conformément aux plans d'ensemble et de détails joints à l'appui de la demande, et dont une expédition restera annexée à la présente ordonnance, sous la condition que l'impétrant se conformera au cahier des charges qu'il a souscrit le 26 mars 1824.*

(La suite à la prochaine livraison.)

MÉMOIRE

SUR

LES ENGRENAGES;

PAR MM. LAMÉ ET CLAPEYRON, Ingénieurs au Corps royal des Mines de France, Majors du génie au service de Russie.

1. Nous nous proposons, dans ce mémoire, de présenter d'une manière simple la théorie des engrenages et de résoudre diverses questions importantes pour leur emploi dans la pratique.

Les engrenages ont pour but de transformer un mouvement de rotation autour d'un axe en un mouvement de rotation autour d'un autre axe, ou en un mouvement en ligne droite. Pour résoudre complétement ce problême, on conçoit facilement qu'il suffit de trouver les moyens de transmettre le mouvement de rotation d'un axe à un autre axe parallèle, et ensuite d'un axe à un autre, situé dans le même plan, mais faisant avec lui un angle quelconque: c'est ce qui donne lieu à deux genres d'engrenages, les uns cylindriques, les autres coniques.

Engrenages cylindriques.

2. Pour transmettre le mouvement de rotation d'un axe à un autre axe parallèle, dans un plan qui leur est perpendiculaire, on place deux roues circulaires, tangentes entre elles, et ayant chacune son centre sur un des axes; on fixe ensuite à ces roues des courbes tellement disposées, qu'une des roues tournant uniformément, la courbe

qui lui appartient presse l'autre courbe, et oblige la seconde roue à laquelle elle tient, de tourner aussi uniformément. Pour remplir ce but, ces courbes doivent avoir entre elles une certaine relation, c'est-à-dire qu'en se donnant l'une d'elles arbitrairement, l'autre doit être déterminée. En effet, le mouvement relatif des roues est celui de deux autres roues de même grandeur, desquelles l'une serait fixe, et l'autre roulerait sur la première; la courbe tracée sur la roue considérée comme fixe devra être tangente à toutes les positions de la courbe fixée à la roue mobile, et en sera par conséquent l'enveloppe. Ainsi lorsque l'une des courbes directrices sera donnée, pour trouver l'autre on fera rouler le cercle auquel appartient la première sur le second cercle, et on tracera l'enveloppe des différentes positions que cette directrice donnée occupera sur le plan du cercle fixe : cette enveloppe sera la seconde directrice.

3. Dans ce mouvement, lorsque la directrice donnée passe d'une position à une autre infiniment voisine, son plan tourne autour du point de contact des deux cercles. En effet, les circonférences des deux cercles peuvent être considérées comme des polygones d'une infinité de côtés égaux entre eux, qui se superposent lorsqu'un des cercles roule sur l'autre: en sorte que le plan du cercle mobile tourne successivement autour de chacun des sommets du polygone fixe, et qu'un quelconque de ses points décrit une courbe, composée d'arcs de cercle infiniment petits, dont les centres sont au point de contact des deux roues. Ce raisonnement est applicable à deux courbes en général roulant l'une sur l'autre; c'est-à-dire que

le plan de la courbe mobile tourne successivement autour du point de contact de toutes les deux.

Il suit de là qu'il n'existe pas de directrices pour lesquelles le mouvement soit transmis uniformément, sans qu'il y ait de frottement. En effet, pour qu'il n'y eût pas de frottement, il faudrait que l'une des deux directrices roulât sur l'autre; mais alors en considérant la seconde comme fixe, le plan de la première devrait tourner successivement autour des points de contact de ces courbes, ce qui n'a pas lieu. Le frottement n'est donc nul que lorsque le point de contact des deux directrices se confond avec celui des cercles, ce qui n'a lieu que pour une seule position du système; pour toutes les autres, il y a nécessairement frottement.

4. Si l'on imagine qu'une courbe quelconque, située dans le plan des cercles, et tangente à tous les deux au même point de contact, roule sur eux, tandis qu'un d'eux roule sur l'autre, le premier point de contact de cette courbe engendrera sur les plans de ces cercles des lignes que l'on pourra prendre pour directrices. En effet, dans ce mouvement, un premier point de contact occupera, à une autre époque, sur les deux cercles et sur la courbe génératrice les trois positions m, M, M′, (*fig.* 1, Pl. V); C étant le nouveau point de contact commun, les arcs Cm, CM, CM′ seront égaux; la courbe génératrice ayant roulé sur l'arc CM, son point m aura décrit sur le plan de cet arc la courbe mM, dont la normale en m aura la direction mC; ayant aussi roulé sur l'arc CM′, son point m aura aussi décrit sur le plan de cet arc la courbe mM′, dont la normale en m aura pareil-

lement la direction mC. Il suit de là que les deux courbes m M, m M', décrites par un point de la courbe génératrice dans les plans des deux cercles sur les circonférences desquels elle roule, passent toujours par un même point m, où elles ont la même normale et sont par conséquent tangentes: ces deux courbes peuvent donc servir de directrices, et l'une d'elles est l'enveloppe des différentes positions que l'autre peut prendre sur son plan.

5. La courbe génératrice est arbitraire : si c'est la circonférence d'un cercle, les directrices sont des épicycloïdes ; ce genre de directrice est celui dont on fait le plus d'usage dans la pratique. On n'emploie jamais les épicycloïdes entières, on ne prend d'elles que de très-petits arcs à partir de leurs naissances, qui dirigent la transmission du mouvement d'une roue à l'autre, durant un angle de rotation, qui est une certaine fraction de la révolution complète de chaque roue; au moment où ces deux portions de directrices se séparent, d'autres directrices de même nature commencent à se toucher et à se conduire de la même manière. Ces parties de courbes servent de base à des surfaces cylindriques en saillies sur la circonférence de l'une des roues, et en retraits dans l'intérieur de l'autre. Pour permettre aux deux roues de se transmettre réciproquement le mouvement, suivant que le moteur fait tourner l'axe de l'une ou celui de l'autre, 1°. le côté opposé de chaque saillie ou de chaque retrait est formé par une autre épicycloïde, que le cercle générateur décrit sur le plan de chaque roue, en roulant sur elle dans un autre sens; les saillies ne sont pas ordinairement en pointe, elles sont terminées par

un arc de cercle concentrique à la roue, ce qui donne à ces dents plus de largeur, et par conséquent plus de moyens de résister à la rupture; le fond de chaque retrait est terminé par une courbe concave quelconque, qui ne gêne pas le mouvement des dents dans son intérieur; 2°. les portions de la circonférence de chaque roue comprises entre deux dents ou deux retraits consécutifs sont elles-mêmes remplacées par des retraits et des dents limités par d'autres épicycloïdes, qui peuvent aussi communiquer le mouvement. Chaque roue est ainsi limitée par des dents et des retraits qui se succèdent alternativement; mais quelles relations doivent exister entre les divers élémens de ces courbes directrices? Quel doit être leur rapport avec les angles de rotation, dans toute l'étendue desquels ils doivent se toucher, et dont les valeurs ont des limites, au-delà desquelles la construction précédente est impossible? C'est une question que le calcul seul peut résoudre.

6. Soient R et R′ les rayons des deux roues, r celui du cercle générateur, roulant extérieurement sur la circonférence de rayon R, et intérieurement sur celle de rayon R′: pour trouver les équations des épicycloïdes décrites par un point du cercle générateur, soit pour la première de ces courbes, dont l'origine est A (*fig.* 2), CA l'axe des x, l'angle $TOm = u$, et par suite l'angle $OCA = \frac{ru}{R}$, les valeurs des coordonnées rectangulaires du point m seront

$$x = Cp = CQ - mR, y = mp = OQ - OR:$$

or dans le triangle COQ, où $CO = R + r$, l'angle

$COQ = \frac{ru}{R}$: donc $CQ = (R + r)\cos\frac{ru}{R}$, $OQ = (R + r)\sin\frac{ru}{R}$, et dans le triangle OmR, où $Om = r$, l'angle en $m = OnQ = OCA + COm = u + \frac{ru}{R} = \frac{(R + r)u}{R}$. Donc $mR = r\cos\frac{(R+r)u}{R}$, $OR = r\sin\frac{(R + r)u}{R}$, on a donc:

$$x = (R + r)\cos\frac{ru}{R} - r\cos\frac{(R + r)u}{R};$$

$$y = (R + r)\sin\frac{ru}{R} - r\sin\frac{(R + r)u}{R}.$$

L'élimination de u entre ces deux équations conduirait à l'équation en x et y de l'épicycloïde Am. De même, si on voulait avoir l'équation polaire de cette courbe, $cm = V$ étant le rayon recteur, et l'angle $mcp = \omega$ étant celui qu'il fait avec l'axe fixe CA, le triangle COm donnant......... $V^2 = (R + r)^2 + r^2 - 2(R + r)r\cos u$, et le triangle Cmp...

$$\text{tang}\,\omega = \frac{y}{x} = \frac{(R + r)\sin\frac{ru}{R} - r\sin\frac{(R + r)u}{R}}{(R + r)\cos\frac{ru}{R} - r\cos\frac{(R + r)u}{R}},$$

il suffira d'éliminer u entre ces deux équations. Pour avoir la longueur de l'arc $Am = s$, les valeurs de x et y donnent

$$dx = \frac{(R + r)r}{R}\left\{-\sin\frac{ru}{R} + \sin\frac{(R+r)u}{R}\right\}du,$$

et $dy = \frac{(R + r)r}{R}\left\{\cos\frac{ru}{R} - \cos\frac{(R+r)u}{R}\right\}du.$

D'où $ds^2 = 2\frac{(R+r)r^2}{R^2}(1-\cos u)\,du^2 = 4\frac{(R+r)^2 r^2}{R^2}\sin^2\frac{1}{2}u\,du^2$; d'où $ds = \mp 2\frac{(R+r)r}{R}\sin\frac{1}{2}u\,du$; et en intégrant depuis $u=o$, $S = 4\frac{(R+r)r}{R}(1-\cos\frac{1}{2}u)$.

Pour l'épicycloïde $A'm$ (*fig.* 3), soit $C'A'$ l'axe des x', l'angle TOm étant toujours u, l'angle $OC'A'$ sera $\frac{ru}{R'}$, car les arcs Tm, TA' sont égaux; les coordonnées rectangulaires x', y' du point m seront, d'après des considérations analogues à celle de l'article précédent,

$$x' = (R'-r)\cos\frac{ru}{R'} + r\cos\frac{(R'-r)}{R'}u,$$

$$y' = (R'-r)\sin\frac{ru}{R'} - r\sin\frac{(R'-r)}{R'}u.$$

L'élimination de u entre ces deux équations conduirait à l'équation de l'épicycloïde $A'm$. Dans le cas particulier de $R'=2r$, $R'-r=r$, les valeurs de x' et y' sont $x'=2r\cos\frac{u}{2}$, $y'=o$, et l'épicycloïde décrite est l'axe des x' ou le rayon $C'A'$. Ainsi, lorsque le rayon du cercle générateur est la moitié de celui de la roue dans la circonférence de laquelle il roule, il décrit une ligne droite, rayon de la roue, pour courbe directrice. Comme les courbes génératrices sont arbitraires, dans la pratique le rayon du cercle générateur

des deux courbes directrices est ordinairement la moitié du rayon de la roue pour laquelle l'épicycloïde est intérieure, en sorte que les retraits des roues d'engrenage sont ordinairement limités des deux côtés par des lignes droites, petites portions de deux rayons de la roue à laquelle ils appartiennent. Dans le cas général, l'arc $A'm = S'$ est $S' = \frac{4r(R'-r)}{R'}(1 - \cos \frac{1}{2} u)$. Dans le cas de $R' = 2r$, $S' = R'(1 - \cos\frac{1}{2} u) = R' - x'$.

7. Les valeurs de S et de S', correspondant à un même arc, ru du cercle générateur, sont dans un rapport constant $\frac{R+r}{R} \cdot \frac{R'}{R'-r}$. C'est le rapport des longueurs que doivent avoir les portions d'épicycloïdes directrices des dents et des retraits : $\frac{ru}{R}$, $\frac{ru}{R'}$ sont alors les angles de rotation, dans l'étendue desquels une dent touche toujours au retrait correspondant.

8. Pour trouver la limite de l'angle u, au-delà de laquelle la construction indiquée § 5 est impossible, il faut observer que l'arc $ru = TA$ doit être au moins égal à 2 fois l'arc $R\omega$ + 2 fois l'arc $R'\omega'$, pour que les dents puissent engrener avec les retraits, ou comme les angles ω et ω' sont très-petits, à $2R \tang \omega + 2R' \tang \omega'$. La valeur de $\tang \omega$ est énoncée plus haut, celle de $\tang \omega'$ s'en déduit en changeant R en R', et r en r'... et u en $\frac{ru}{r'}$. Ayant ainsi les valeurs de *tang* ω et de *tang* ω', on choisira u, de manière que l'inégalité $ru > 2R \tang \omega + 2R' \tang \omega'$, soit satisfaite. Si l'on voulait que toujours plusieurs des dents d'une roue,

un nombre n en général, touchassent en même temps les retraits de l'autre, il faudrait que u fût pris de manière à satisfaire à l'inégalité $ru > 2n(\mathrm{R}\ \mathrm{tang}\ \omega + \mathrm{R}'\ \mathrm{tang}\ \omega')$, l'excès du premier membre sur le second servirait à remplacer les pointes des dents par des parties circulaires concentriques aux roues.

Dans le cas le plus fréquent, les retraits étant limités des deux côtés par des lignes droites, on a $r = \frac{\mathrm{R}'}{2}$, $r' = \frac{\mathrm{R}}{2}$, en sorte que si l'on désigne par U et U' les angles de rotation des roues correspondant à u et u', angles aux centres des cercles générateurs, avec lesquels ils sont liés par les équations $ru = r'u' = \mathrm{RU} = \mathrm{R'U'}$, on aura, en remplaçant $\frac{\mathrm{R}}{\mathrm{R}'}$ par $\frac{\mathrm{U}'}{\mathrm{U}}$ et r par $\frac{\mathrm{R}'}{2}$, r' par $\frac{\mathrm{R}}{2}$, u par $2\,\mathrm{U}'$, u' par $2\,\mathrm{U}$,

$$\mathrm{tang}\ \omega = \frac{(2\mathrm{U}' + \mathrm{U})\sin \mathrm{U} - \mathrm{U}\sin(2\mathrm{U}' + \mathrm{U})}{(2\mathrm{U}' + \mathrm{U})\cos \mathrm{U} - \mathrm{U}\cos(2\mathrm{U}' + \mathrm{U})}$$

$$\mathrm{tang}\ \omega' = \frac{(2\mathrm{U} + \mathrm{U}')\sin \mathrm{U}' - \mathrm{U}'\sin(2\mathrm{U} + \mathrm{U}')}{(2\mathrm{U} + \mathrm{U}')\cos \mathrm{U}' - \mathrm{U}'\cos(2\mathrm{U} + \mathrm{U}')}$$

et l'inégalité à satisfaire sera $\mathrm{U}' > 2\left(\frac{\mathrm{U}'}{\mathrm{U}}\,\mathrm{tang}\ \omega + \mathrm{tang}\ \omega'\right)$ ou $\frac{1}{2} > \frac{\mathrm{tang}\ \omega}{\mathrm{U}} + \frac{\mathrm{tang}\ \omega'}{\mathrm{U}'}$.

Par exemple, lorsque les roues sont égales, on a $\mathrm{R} = \mathrm{R}'$, d'où $\mathrm{U}' = \mathrm{U}$, $\mathrm{tang}\ \omega = \mathrm{tang}\ \omega' = \frac{3\sin \mathrm{U} - \sin 3\mathrm{U}}{3\cos \mathrm{U} - \cos 3\mathrm{U}}$, l'inégalité à satisfaire est $\mathrm{tang}\ \omega < \frac{\mathrm{U}}{4}$. Les formules de la trigonométrie

donnent $\sin 3U = 3 \sin U - 4 \sin^3 U$, $\cos 3U = 4 \cos^3 U - 3 \cos U$: la valeur de tang ω est donc $\frac{4 \sin^3 U}{6 \cos U - 4 \cos^3 U} = \frac{2 \operatorname{tang}^3 U}{3 \operatorname{tang}^2 U + 1}$; soit $\operatorname{tang} U = \frac{1}{n}$, on en déduira $\operatorname{tang} \omega = \frac{2}{n^3 + 3n}$ et $\frac{\operatorname{tang} \omega}{\operatorname{tang} U} = \frac{2}{n^2 + 3}$. U est ordinairement assez petit pour que l'on puisse lui substituer sa tangente : l'inégalité à satisfaire sera donc $\frac{\operatorname{tang} \omega}{\operatorname{tang} U} < \frac{1}{4}$, d'où $\frac{2}{n^2 + 3} < \frac{1}{4}$, d'où $n > \sqrt{5}$, ou à très-peu près $\frac{9}{4}$: on devra donc avoir $U < \frac{4}{9}$; la circonférence du cercle dont le rayon est 1 étant environ $\frac{44}{7}$, son rapport avec U devra être plus grand que $\frac{99}{7} = \frac{44}{7} : \frac{4}{9}$, ou au moins égal à 18: ainsi les roues devront avoir au moins de 18 à 20 dents. Cet exemple suffit pour faire voir comment on pourra déterminer en général le *minimum* du nombre de dents de chaque roue, lorsque le rapport des rayons R et R′ sera donné.

9. Pour transformer le mouvement de rotation autour d'un axe en un autre autour d'un second axe parallèle au premier, on se sert aussi de deux roues, desquelles l'une a pour surfaces directrices des rouleaux cylindriques placés sur sa circonférence, et l'autre est composée de dents et de retraits ; la courbe qui termine les dents de cette seconde roue est une espèce d'épicycloïde, enveloppe des différentes positions que le rouleau prend lorsque la circonférence de la première roue, sur laquelle est son centre, roule sur celle de la seconde ; les retraits doivent au moins contenir la moitié circulaire d'un rou-

leau ; il y a de même à déterminer, dans ce cas, les *minima* possibles des nombres de dents et de rouleaux du système, en fonction du rapport des grandeurs des deux roues et du diamètre des rouleaux. Pour y parvenir, soient R le rayon de la roue à dents, r celui de l'autre ; soit aussi a le rayon d'un rouleau, A (*fig.* 4) la position de son centre à l'origine, et à une distance a de ce point sur la tangente au cercle de rayon R, normale à la courbe Am; soit A' l'origine de la courbe enveloppant les différentes positions du rouleau ; soit aussi m la position de son centre à une époque quelconque, et à une distance a de ce point sur la normale Tm à la courbe Am; soit m' le point correspondant de l'enveloppe A'm'; enfin soit CA l'axe des x : l'angle CO$m = u$; la ligne T$m' =$ T$m - a$, et T$m = 2r \sin\frac{1}{2} u$; cette ligne Tm' fait avec l'axe des x un angle égal à OTm — OCA ; le second est égal à $\frac{ru}{R}$ et le premier à la moitié de $200^\circ - u$; la ligne Tm' fait donc avec l'axe des x un angle égal à $100^\circ - \left(\frac{u}{2} + \frac{ru}{R}\right)$, dont le cosinus est $\sin\left(\frac{u}{2} + \frac{ru}{R}\right)$, et le sinus $\cos\left(\frac{u}{2} + \frac{ru}{R}\right)$; l'abscisse du point m' est égale à la somme des projections sur l'axe des x des lignes CT $=$ R et Tm, son ordonnée est égale à la différence des projections de ces mêmes lignes sur l'axe des y : on a donc :

$$x = R \cos\frac{ru}{R} + \left(2r \sin\frac{1}{2} u - a\right) \sin\left(\frac{u}{2} + \frac{ru}{R}\right);$$

$$y = R \sin\frac{ru}{R} - \left(2r \sin\frac{1}{2} u - a\right) \cos\left(\frac{u}{2} + \frac{ru}{R}\right).$$

Si ω désigne l'angle que le rayon vecteur Cm' fait avec CA, il suffira, pour que les dents et les retraits de la roue de rayon R soient compatibles avec l'angle u, que l'on ait $2\,\mathrm{R} < ru$ ou même $2\,\mathrm{R}$ tang $\omega < ru$: or tang ω étant égale au rapport $\frac{y}{x}$, est une fonction connue de u : on pourra donc, au moyen de l'inégalité précédente, déterminer en fonction du rapport $\frac{\mathrm{R}}{r}$ et du rayon a des rouleaux le rapport *minimum* de u à 2π, et par suite les nombres *minima* de dents et de rouleaux du système.

10. Pour transformer un mouvement de rotation en un mouvement linéaire dans un sens perpendiculaire à l'axe de rotation, on se sert d'une roue dont l'axe est celui de rotation et dont la circonférence est tangente à la direction suivant laquelle on veut transmettre le mouvement; cette roue est limitée par des dents et des retraits qui engrènent avec des retraits et des dents situés sur la ligne droite, que l'on nomme alors crémaillère. Pour trouver la nature des courbes directrices de ce système, on peut considérer la ligne droite comme la circonférence d'une roue d'un rayon infini, et déduire tout ce qui est relatif à ce cas particulier, du cas général précédemment exposé. Ainsi, pour trouver les courbes des dents de la crémaillère et celles des retraits de la roue, il suffit de faire successivement rouler sur la ligne droite, et dans l'intérieur de la circonférence, un cercle dont le rayon soit moitié de celui de la roue, les lignes tracées par un de ses points seront les courbes directrices demandées. Il suit de là que les dents de la crémaillère seront limi-

tées par des portions de cycloïdes, et que les retraits de la roue seront bordés par des portions de lignes droites. Pour trouver au contraire la forme des dents de la roue et des retraits de la crémaillère, il faut faire rouler sur la circonférence et sur la ligne droite un cercle quelconque, dont un point décrira une épicycloïde et une cycloïde, qui pourront être prises pour courbes directrices. Si l'on voulait que le rayon du cercle générateur fût la moitié de celui de la crémaillère, considérée comme une roue d'un rayon infini, le cercle générateur serait aussi une ligne droite: alors, en roulant sur la circonférence de la roue, un de ses points décrirait la développante du cercle; mais pour rouler sur la crémaillère il ne pourrait la quitter et le retrait serait nul. Il suit de là que les dents de la roue sont limitées par des épicycloïdes ou par des développantes de cercle, et que la crémaillère a des retraits bordés par des cycloïdes, ou des lignes droites dont un seul point est constamment touché.

Pour trouver le rapport des portions de directrices situées sur les dents de la crémaillère et aux flancs des retraits de la roue, on peut dans les valeurs générales $S = \frac{4(R+r)r}{R}(1 - \cos\frac{1}{2}u)$ $S' = 4\frac{r(R'-r)}{R'}(1 - \cos\frac{1}{2}u)$, faire R infini, et $r = \frac{\rho}{2} = \frac{R'}{2}$, R étant le rayon de la crémaillère, prise pour la circonférence d'un cercle, R' ou ρ le rayon de la roue, et r celui du cercle générateur; S et S' deviennent alors, en dési-

gnant par $U = \frac{u}{2}$ l'angle au centre de la roue, correspondant à un arc égal à ru, $S = 2\rho(1 - \cos U)$, $S' = \rho(1 - \cos U)$, d'où $\frac{S}{S'} = 2$. La valeur de $R \operatorname{tang} \omega$ se réduit, dans ce cas, à la projection de la portion de cycloïde directrice sur la ligne droite axe de la crémaillère : on la déduit de l'expression

$$R \operatorname{tang} \omega = R \frac{(R+r)\sin\frac{ru}{R} - r\sin\left(u + \frac{ru}{R}\right)}{(R+r)\cos\frac{ru}{R} - r\cos\left(u + \frac{ru}{R}\right)} =$$

$$\frac{R\sin\frac{ru}{R} + r\sin\frac{ru}{R} - r\sin u\cos\frac{ru}{R} - r\cos u\sin\frac{ru}{R}}{\cos\frac{ru}{R} + \frac{r}{R}\cos\frac{ru}{R} - \frac{r}{R}\cos\left(u + \frac{ru}{R}\right)}.$$

En faisant R infini, alors

$$\frac{r}{R} = 0, \frac{ru}{R} = 0, \cos\frac{ru}{R} = 1, \sin\frac{ru}{R} = 0,$$

et

$$R\sin\frac{ru}{R} = R.\frac{ru}{R} = ru,$$

d'où $R \operatorname{tang} \omega = ru - r\sin u$; ou en fonction de l'angle U..... $R \operatorname{tang} \omega = \rho U - \frac{1}{2}\rho\sin 2U = \rho(U - \sin U \cos U)$.

Le rapport des portions de directrices situées sur les dents de la roue, et aux flancs des retraits de la crémaillère, se déduit des valeurs générales de S et de S'; en y faisant R' infini, la première ne change pas, et la seconde devient

$$S' = 4r\left(1 - \cos\tfrac{1}{2}u\right):$$

le rapport des arcs de la cycloïde et de l'épicycloïde directrice est donc $\frac{S'}{S} = \frac{R}{R+r}$; il devient nul lorsque r est infini, c'est-à-dire lorsque le cercle générateur se réduit à une ligne droite, et l'épicycloïde à une développante de cercle ; ce qui confirme que, dans ce cas, les retraits de la crémaillère n'ont pas de courbes flanquantes, ou plutôt que ces directrices se réduisent à un point. Pour r infini la valeur de S se présente sous la forme $\frac{0}{0}$, on peut la mettre sous la forme

$$S = \frac{4R(Ru+ru)ru}{R^2} \frac{(1-\cos\frac{1}{2}u)}{u^2},$$

la première fraction se réduit à $4RU^2$, en faisant $ru = RU$, et $u = 0$, la seconde se réduit à $\frac{0}{0}$ pour $u = 0$, le rapport des différentielles premières de ses deux termes, qui est $\frac{\frac{1}{2}\sin\frac{1}{2}u}{2u}$, se réduit aussi à $\frac{0}{0}$; mais celui des différentielles secondes $\frac{\frac{1}{4}\cos\frac{1}{2}u}{2}$ donne $\frac{1}{8}$ pour la vraie valeur de la fraction proposée : on a donc $S = \frac{RU^2}{2}$. La valeur de S' se présente aussi sous une forme indéterminée ; mais elle peut se mettre sous la forme

$$S' = 4ru\left(\frac{1-\cos\frac{1}{2}u}{u}\right) = 4RU\left(\frac{1-\cos\frac{1}{2}u}{u}\right):$$

or le rapport des différentielles des deux termes de la fraction $\frac{1-\cos\frac{1}{2}u}{u}$ est $\frac{1}{2}\sin\frac{1}{2}u$, et s'évanouit pour $u = 0$: on a donc $S' = 0$.

Dans le cas où r n'est pas infini, la valeur générale de tang ω ne souffre aucune modification, en y changeant R en ρ on aura la valeur de ρ tang ω. Lorsque r est infini, u est nul ; mais leur produit ru est égal à RU : ce qui change d'abord l'expression de tang ω en

$$\frac{\text{R}\sin\text{U}+r\sin\text{U}-r\sin u\cos\text{U}-r\cos u\sin\text{U}}{\text{R}\cos\text{U}+r\cos\text{U}-r\cos u\cos\text{U}+r\sin u\sin\text{U}},$$

ensuite, puisque $\cos u = 1$, on a $r\sin\text{U} - r\cos u\sin\text{U} = 0$, $r\cos\text{U} - r\cos u\cos\text{U} = 0$,

et $\tan\omega = \frac{\text{R}\sin\text{U}-r\sin u\cos\text{U}}{\text{R}\cos\text{U}+r\sin u\sin\text{U}}$, qui se réduit enfin à

$$\tan\omega = \frac{\sin\text{U}-\text{U}\cos\text{U}}{\cos\text{U}+\text{U}\sin\text{U}} = \frac{\tan\text{U}-\text{U}}{1+\text{U}\tan\text{U}},$$ en observant que pour $\text{U}=0$, $r\sin u = ru = \text{RU}$.

Engrenages coniques.

11. Pour transformer un mouvement de rotation autour d'un axe, dans un mouvement de rotation autour d'un autre axe faisant un angle avec le premier et situé dans le même plan, on se sert de deux roues perpendiculaires à ces axes, limitées par des dents et des retraits à surfaces coniques engrenant les unes dans les autres ; les surfaces coniques directrices de ces roues peuvent avoir pour bases deux courbes directrices quelconques.

Ici, comme dans le cas des engrenages cylindriques, une des courbes directrices étant donnée plane ou non, pour trouver l'autre il suffira de faire rouler le cône de la roue à laquelle est fixée cette première courbe sur celui de l'autre roue,

la surface conique enveloppant toutes les positions que prendra cette directrice, sera la seconde surface directrice. On démontrerait d'une manière analogue que ce genre d'engrenage ne peut avoir lieu sans frottement, et qu'enfin si l'on imagine qu'en même temps que les cônes des roues se meuvent l'un sur l'autre, une courbe plane quelconque roule à-la-fois sur deux cercles servant de base à ces cônes, de manière à leur être toujours tangente en leur point de contact, un quelconque de ses points engendrera deux courbes, dont chacune sera située sur l'une des roues, et que l'on pourra prendre pour courbes directrices, ou plutôt comme base des cônes directeurs.

12. On peut prendre pour génératrice un cercle dont le plan serait toujours le même que celui du cercle servant de base au cône de l'une des roues, et dont le rayon serait de même de la moitié de celui de cette roue, les courbes directrices seront, dans ce cas, une ligne droite pour les flancs des retraits de la première roue, et une épicycloïde sphérique pour les dents de la seconde. Pour trouver le minimum du nombre de dents que chaque roue peut posséder, il est nécessaire de connaître les équations d'une épicycloïde sphérique. Soient R le rayon du cercle fixe, r le rayon du cercle générateur et O son centre, i l'angle que leurs plans font entre eux, A (*fig.* 5) l'origine de l'épicycloïde, T le point de contact des deux cercles à une époque quelconque du mouvement, m le point correspondant de l'épicycloïde, C l'origine des coordonnées, CA l'axe des x, et l'axe des z perpendiculaire au plan TCA; mp l'ordonnée z du point m, pq une perpendiculaire abaissée sur Tq, tangente commune aux deux cercles;

enfin u l'angle TOm et $\frac{mn}{R}$ son sinus, on aura $z = mp = mq \cos i = (r - on) \cos i = r(1 - \cos u) \cos i$. Ici l'abscisse x est la somme des projections sur l'axe des x des 3 lignes $CT = R$, $TQ = mn = r \sin u$ et $pq = mq \sin i = r(1 - \cos u) \sin i$; les lignes CT et pq font, avec cet axe, un angle égal à $\frac{ru}{R}$, complément de l'angle que Tq fait avec ce même axe : on a donc.... $x = R\cos\frac{ru}{R} + r\sin u \sin\frac{ru}{R} + r(1 - \cos u) \sin i \cos\frac{ru}{R}$. L'ordonnée y est égale à la somme des projections des deux lignes CT et pq sur l'axe des y, diminuée de la projection de la ligne Tq ; ces trois lignes font avec cet axe des angles complémens de ceux qu'elles font avec l'axe des x : on a donc

$$y = R\sin\frac{ru}{R} - r\sin u \cos\frac{ru}{R} + r(1 - \cos u) \sin i \sin\frac{ru}{R}.$$

L'élimination de u entre les valeurs des trois coordonnées donnera les équations de l'épicycloïde sphérique. Le point d'intersection des deux roues est situé sur l'axe des z, à une distance $Z = \frac{R}{\text{tang} i} + \frac{R'}{\sin i}$; car, dans la *figure* 7, $Z = QC + VT$; la droite Sm est une des génératrices des surfaces directrices, elle vient rencontrer le plan des xy en un point dont les coordonnées sont

$$z = o,\ x = \frac{Z}{Z - z}x,\ y = \frac{Z}{Z - z}y,$$

ainsi que les donnent les équations de la droite Sm, dans lesquelles on fait $z = o$. L'élimination de u entre x et y donnera l'équation d'une base du cône directeur, située sur le plan supérieur ou inférieur de la roue. On déduit de ces équations $\tang \omega = \frac{\text{y}}{\text{x}} = \frac{y}{x}$. Les dents de la roue de rayon R' seront limitées par des portions de courbes qui sous-tendront un angle ω' au centre C', dont la tangente aura pour expression celle de $\tang \omega$, dans laquelle on changera R en R', r en r', et u en $\frac{ru}{r'}$. Les valeurs de $\tang \omega$ et de $\tang \omega'$ étant connues en fonction de u, il faudra que l'inégalité $2(R \tang \omega + R' \tang \omega') < ru$ soit satisfaite ; ce qui indiquera le *maximum* de ru, et par suite le *minimum* du nombre des dents de chaque roue.

13. On transmet encore le mouvement d'un axe à un autre faisant un angle avec le premier, en se servant de deux roues placées de la même manière que les précédentes, mais dont l'une a pour surfaces directrices des fuseaux coniques à bases circulaires. La seconde roue a des retraits, dont les flancs sont des cônes ayant pour base la courbe enveloppant le cercle d'un fuseau dans toutes les positions qu'il occupe, lorsque son centre décrit une épicycloïde sphérique ; les retraits doivent contenir la moitié d'un fuseau conique coupé par un plan méridien. La détermination du nombre minimum des dents repose sur des calculs analogues à ceux déjà exposés.

Des frottemens dans les engrenages.

14. Dans les engrenages tant cylindriques que coniques, le frottement sur les dents est variable avec la nature des courbes directrices, et la perte de force qu'ils occasionnent dans un temps donné peut être plus ou moins grande : il est donc essentiel d'évaluer cette perte de force, afin de mettre à même d'assigner la forme des dents la plus convenable, ou celle qui donne un *minimum* pour la force employée à vaincre le frottement.

Soit CMG (*fig.* 6) une courbe génératrice, qui, en roulant sur le cercle de rayon R′ tangent au premier en C, engendre deux courbes directrices MB et MA tangentes en M ; soit z la normale CM à ces directrices, ρ l'angle qu'elle fait avec la tangente commune aux deux cercles ; si Q est une force appliquée tangentiellement au cercle de rayon R′, et représentant la résistance à vaincre, la pression P au point M sera donnée par l'équation $PR' \cos\rho = QR'$, d'où $P = \frac{Q}{\cos\rho}$. Lorsque l'angle ρ augmente de $d\rho$, le point M parcourt sur la directrice A M un arc de cercle dont le rayon est z, sous-tendant un angle égal à celui que font en c la courbe génératrice et le cercle de rayon R ; ce même point parcourt sur la directrice BM un arc du même cercle de rayon z, sous-tendant un angle égal à celui que la courbe génératrice fait en c avec le cercle de rayon R′ ; la différence de ces deux arcs, ou la portion de la courbe AM qui glisse sur la courbe BM lorsque l'angle ρ augmente de $d\rho$, est donc égale à un arc de cercle dont le rayon est z, correspondant

à un angle au centre égal à celui que font entre eux les deux cercles au point c, ou à la somme des angles qu'ils font avec leur tangente commune. Or, si ds est la portion de la courbe génératrice qui sépare le point de contact c de celui c' lorsque l'angle ρ est devenu $\rho + d\rho$, il est aisé de voir que l'angle que le cercle de rayon R' fait avec sa tangente peut être représenté par $\frac{ds}{R'}$,

et que $\frac{ds}{R}$ peut représenter pareillement celui que le cercle de rayon R fait avec cette même tangente. Ainsi,

$$z.\,ds\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right)$$

représente la portion de la directrice AM, qui glisse sur la courbe BM lorsque l'angle ρ augmente de $d\rho$.

La pression en M pouvant être considérée comme constante dans un instant infiniment petit, la force absorbée par le frottement pendant cet instant pourra être représentée par

$$Q\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) f\,\frac{zds}{\cos\rho},$$

et celle absorbée pendant un temps fini par l'intégrale

$$Q\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) f.\int_{\rho}^{0} \frac{zds}{\cos\rho},$$

f étant un coefficient constant, dépendant de la nature des surfaces frottantes. Or remarquons que dz représentant l'accroissement du rayon vec-

teur z, on a $dz = ds \cos \rho$, d'où $ds = \frac{dz}{\cos \rho}$: l'intégrale précédente peut donc se mettre sous la forme

$$Q\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)f.\int_{\rho}^{o}\frac{zdz}{\cos^2 \rho}.$$

Cela posé, un même arc S de toute courbe génératrice possible, engendrant deux portions de courbes directrices, qui feront décrire les mêmes fractions de révolution aux deux circonférences, trouver les courbes directrices dont le frottement absorbe le moins possible de force vive, c'est trouver, parmi toutes les fonctions ρ de z, pour lesquelles $S = \int_{\rho}^{o}\frac{dz}{\cos \rho}$ est constant, celle qui rend $\int_{\rho}^{o}\frac{zdz}{\cos^2 \rho}$ un *minimum*. La méthode des variations, appliquée à cette recherche, indique que

$$\int_{\rho}^{o}\frac{zdz}{\cos^2 \rho} \text{ ou } \int_{\rho}^{o}\frac{zdz}{\cos^2 \rho} + \alpha\int_{\rho}^{o}\frac{dz}{\cos \rho} = \int_{\rho}^{o}\frac{z+\alpha \cos \rho}{\cos^2 \rho}dz;$$

devant être un *minimum*, il faut que

$$\int_{\rho}^{b} dz\delta.\left(\frac{z+\alpha \cos \rho}{\cos^2 \rho}\right) = \int_{\rho}^{o} dz\left(\frac{2z+\alpha \cos \rho}{\cos^3 \rho}\right)\sin \rho\delta\rho = o,$$

ce qui exige $2z+\alpha \cos \rho = o$, ou que $\sin \rho = o$, quelque soit z; mais la courbe génératrice devant être telle que $z = o$ et $\rho = o$ en même temps, cette variation ne peut être nulle que lorsque $\sin \rho = o$, ou $\rho = o$, quel que soit z: dans ce cas, la courbe génératrice est une ligne droite et les courbes di-

trices les développantes des deux circonférences. Ainsi l'engrenage cylindrique pour lequel la perte de force due au frottement est un minimum est celui pour lequel les dents des roues seraient limitées par des développantes de cercle.

Dans le cas où la courbe génératrice est un cercle, et par conséquent les courbes directrices des épicycloïdes, en représentant par γ le rayon du cercle générateur, on a $z = 2\gamma \sin\rho$, $dz = 2\gamma \cos\rho \, d\rho$, et l'intégrale donnant la somme de force vive perdue par le frottement est

$$Qf\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)4\gamma^2\int_\rho^0 \operatorname{tang}\rho\, d\rho =$$

$$Qf\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)4\gamma^2 \log\frac{1}{\cos\rho}.$$

Si $R'\psi$ représente l'arc du cercle de rayon R' que le point de contact des circonférences a parcouru, tandis que l'angle ρ a augmenté de zéro à sa dernière valeur, l'arc $2\gamma\rho$ doit lui être égal; ce qui donne $\rho = \frac{R'}{2\gamma}\psi$ et $d\rho = \frac{R'}{2\gamma}d\psi$: la perte de force peut alors être mise sous la forme

$$Qf\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right) \cdot 2R'\gamma\int_\psi^0 \operatorname{tang}\frac{R'}{2\gamma}\psi \cdot d\psi\,;$$

si les directrices étaient des développantes pour le même angle ψ au centre du cercle de rayon R', la somme de force perdue serait

$$Qf\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)R'^2\int_\psi^0 \psi\, d\psi:$$

en retranchant cette somme de celle qui la précède, la différence

$$Q.f.\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right).2\gamma R'\int_{\psi}^{0}\left(\text{tang}\frac{R'}{2\gamma}\psi-\psi\frac{R'}{2\gamma}\right)d\psi$$

est essentiellement positive, quel que soit γ; c'est ce qui vérifie ce que le calcul des variations avait indiqué.

Il resterait à résoudre la même question relativement au frottement des dents dans les engrenages coniques; mais cette recherche conduirait nécessairement à des résultats analogues aux précédens, et nous croyons pouvoir nous dispenser de l'entreprendre.

SUITE DU MÉMOIRE

SUR

LES MINES D'ÉTAIN DE SAXE (1);

PAR M. MANÈS, Ingénieur au Corps royal des Mines.

MINES D'ÉTAIN DE MARIENBERG.

Aspect physique.

LA contrée de Marienberg offre une foule de plateaux plus ou moins élevés, séparés entre eux par autant de ravins : les uns, peu profonds, qui reçoivent de petits ruisseaux, formant par leur réunion des étangs qu'on utilise pour les fonderies ; les autres, profonds, escarpés, arrosés par des ruisseaux plus forts, qui se rendent dans la petite rivière de la Bockau.

On récolte beaucoup de grain sur les plateaux et du foin dans les bas-fonds. Le penchant des collines est couvert de sapins ; il y en a aussi sur les hauteurs, mais disposés de loin en loin, et toujours en petites masses.

Constitution géologique.

Tous les environs de Marienberg sont formés d'un gneiss composé de beaucoup de quarz grisâtre, peu de mica noirâtre ou brunâtre, en petites paillettes entrelacées, et très-peu de feldspath jaunâtre à l'état terreux.

Dans ce gneiss, on trouve, 1°. des couches de feldspath blanc cristallin avec cristaux de tourmaline, près Boberschau ; 2°. des bancs de

(1) Voyez, tome VIII de ce recueil, le commencement de ce Mémoire.

calcaire à Längefeld; 3°. des bancs de grünstein non loin de là; 4°. enfin, près de Zœblitz, une masse de serpentine.

Cette serpentine occupe une longueur d'environ une demi-lieue, et est exploitée à ciel ouvert : quelques personnes la regardent comme formant un banc entre le gneiss et le schiste micacé, d'autres la croient subordonnée au gneiss; pour nous, il nous a paru qu'elle était de formation postérieure à cette dernière roche, et avait rempli un bassin creusé dans sa masse. J'ajouterai, du reste, que dans cette serpentine, outre le talc, l'asbeste, le fer oxidulé et les grenats, on y a trouvé dernièrement un filon, de 4 à 5 pouces de puissance, d'une roche quarzeuse tenant un minéral nommé *omphasite* par Werner.

Le gneiss de Marienberg contient d'ailleurs des filons de fer, près d'Ansprung; un grand nombre de filons d'argent au Martersberg, et des filons d'étain à Boberschau et autres lieux: nous allons considérer plus particulièrement ces derniers.

Des filons d'étain de Boberschau.

A Boberschau, sur la rive droite de la Noire-Bockau, on a huit filons d'étain, dirigés de l'ouest à l'est : ce sont des *morgen* et *flachegänge*; ils sont presque verticaux; ils ont une puissance qui varie ordinairement de 2 pouces à 3 pieds, et qui quelquefois s'élève jusqu'à 6 pieds.

Ces filons sont composés principalement d'un mélange de quarz et d'argile, dans lequel l'étain se trouve soit cristallisé, soit massif, et toujours fortement engagé; on y trouve souvent, en outre, du mica, de la pyrite arsenicale, et un peu de wolfram, et quelquefois des veines d'argile glaise ou de chaux fluatée.

De part et d'autre de ces filons, on remarque des veines de quarz stannifères, qui pénètrent la roche des parois : quelquefois ils sont intimement liés au gneiss ; d'autres fois ils en sont séparés par une veine d'argile. Dans tous les cas, la partie de ce gneiss qui touche aux filons contient de l'étain sur 6 à 8 pouces d'épaisseur : ce minerai, disséminé d'une manière invisible, ne se fait reconnaître que par la pesanteur de la roche ; il est d'ailleurs moins abondant que dans le filon même.

Les filons d'étain sont coupés par un grand nombre de filons de porphyre argileux, qui ont une puissance de 3 à 4 pouces, une direction moyenne du nord-ouest au sud-est, mais sont, du reste, très-irréguliers. Ces filons de porphyre se traînent souvent avec ceux d'étain avant de les traverser ; ils coupent aussi les filons d'argent du même district, et, dans les deux cas, ils produisent des anoblissemens.

Quant au rapport des filons d'étain avec ceux d'argent, nous dirons que dans la mine argentifère de Vater Abraham on a trouvé deux filons, l'un d'argent et l'autre d'étain, qui se croisaient. Près du point d'intersection, le filon d'argent tenait de l'étain, et celui d'étain de l'argent ; nous ajouterons aussi que, dans quelques filons stannifères de Boberschau, on a trouvé de l'argent ; enfin, Charpentier rapporte que, dans la mine d'Einhorn, le filon d'argent, puissant d'un à 2 pieds, avait des veines de quelques pouces, qui se prolongeaient de 3 à 4 pieds dans le gneiss. Le filon et les veines étaient formés de chaux fluatée et baryte sulfatée, avec *glaserz*, ou argent sulfuré, tandis que la roche de gneiss, entre le

filon et les veines, contenait plus ou moins d'étain visible. On remarquait, en outre, que lorsque les veines se perdaient, la puissance du filon se réduisait à quelques pouces, et la teneur en étain disparaissait entièrement.

Du genre d'exploitation.

Pour l'exploitation des filons de Boberschau, on les divise en massifs de 10 toises de hauteur sur 40 à 50 toises de longueur, par des galeries qu'on mène sur leur direction et des puits qu'on fonce sur eux, à partir du jour ou intérieurement. On établit, à partir de chaque galerie, des gradins renversés dans la partie supérieure, et des gradins droits dans la partie inférieure; on donne toujours à ces gradins une toise de longueur sur une $\frac{1}{2}$ toise de hauteur; on extrait à la poudre, on remblaie une partie des espaces excavés avec les roches qu'on en retire; les autres parties restent vides, ou si elles ont besoin d'être étayées, on y amène des roches prises sur d'autres points; en général, on fait très-peu de boisage.

Les mineurs travaillent par poste de huit heures; on leur donne, par semaine de cinq postes, un écu, plus une livre de poudre. Dans ce temps, un homme retire deux voitures de minerai, en s'avançant de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{10}$ de toise. On a aussi des mineurs qui travaillent à prix fait dans les galeries d'écoulement, et reçoivent 7, 10 et 20 écus par toise, selon la dureté de la roche.

Du roulage intérieur.

Le minerai extrait est partie amené au jour dans des galeries d'allongement qui se terminent à la vallée de la Bockau, partie conduit aux puits, et de là élevé au jour dans des tonnes. Le roulage dans les galeries se fait dans des chiens hongrois du contenu de 3 quintaux; l'élévation

dans les puits se fait, à l'aide de treuils mus par un seul homme, dans des tonnes du contenu d'un quintal. Les brouetteurs reçoivent 15 gros par semaine, et les hommes du treuil 20. Les frais moyens du roulage et de l'extraction reviennent de 21 à 24 écus par soixante voitures de minerai.

L'épuisement des eaux a lieu dans ces mines au moyen de la galerie royale d'écoulement, dite *Wildmann stolln,* qui les parcourt toutes, et aboutit dans la Bockau après avoir fait 2000 toises de circuit. On a ensuite, sur chaque filon, d'autres galeries particulières, soit pour le roulage au jour, soit pour amener les eaux nécessaires au jeu des machines qui font mouvoir les pompes du bas des travaux. Ainsi la Molchner stolln, qui est élevée de 10 toises au-dessus de la Wildmann stolln, et longue de 600 toises, sert à amener les eaux de ce niveau sur les roues des machines, tandis que les galeries Thomas et Johannis, percées sur les filons de même nom, à un niveau intermédiaire entre les deux premiers, servent au roulage extérieur des minerais produits par les filons. Le roi retire le dix-neuvième des minerais d'étain provenant des mines asséchées par sa galerie. De l'épuisement des eaux.

Les minerais rendus au jour sont conduits aux bocards situés sur la Bockau. Ces bocards sont généralement à deux auges de quatre pilons: ils sont construits sur les mêmes dimensions que ceux d'Altenberg; mais ils diffèrent de ceux-ci en ce qu'ils travaillent à la fente et non à la bonde. De la préparation mécanique.

Les schlichs, entraînés par l'eau, se déposent ici dans trois caisses placées à la suite les unes des autres : la première de ces caisses, nommée

gefälle, est en forme de coin, plus profonde vers la tête que vers le pied, les autres sont des prismes rectangulaires; la dernière communique enfin à une caisse carrée ou bourbier, qui reçoit la vase.

Les différens schlichs, retirés du bocard, sont lavés tous de même, ainsi qu'il suit : on les passe d'abord deux fois aux tables à secousse ; à la première fois, on conduit l'eau des tables à la rivière, on rejette la moitié inférieure, et la moitié supérieure est divisée en deux parties, qu'on met à part, pour être repassées aussitôt qu'on en a assemblé une assez grande quantité. A cette deuxième fois, l'eau des tables est conduite dans un réservoir qui se trouve au pied. La moitié inférieure de la table est réunie aux schlichs de qualité inférieure du bocard, et la moitié supérieure est retirée, pour être passée au schlemm-graben. Les schlichs de grains différens, venant du schlemm-graben, sont ensuite lavés aux tables dormantes, et s'ils ne tiennent pas de pyrite arsenicale, ils sont bons pour la fonderie ; dans le cas contraire, il faut encore les griller et les relaver au schlemm-graben et aux tables dormantes.

Les frais de préparation de soixante voitures de minerai reviennent, terme moyen, à 15 écus, le transport y compris.

De la fonte des schlichs.

Il y a à Marienberg deux fonderies pour le traitement des schlichs purs ; l'une appartient au roi, et l'autre à la ville. Les dimensions des fourneaux et les procédés sont d'ailleurs les mêmes à l'une et à l'autre : il y a dans chacune un petit fourneau de 7 pieds de hauteur pour la fonte des schlichs et des scories; ils sont construits de pierres de

granite, ont des soles de brasque, et sont alimentés par des soufflets en cuir. On charge, tous les quarts d'heure, environ 12 livres de schlich avec une mesure de charbon mouillé, du contenu d'un pied ½ cube. Lorsque tout le schlich est passé, on repasse deux fois les scories, et les dernières qu'on obtient sont enfin bocardées, pour en retirer les grains d'étain qu'elles renferment. Par cette méthode, on passe, en quarante-huit heures, 24 quintaux de schlich avec environ trente corbeilles de charbon de 10 pieds cubes (1486 pouces cubes), et on obtient 13 quintaux d'étain moyennement. Les sociétés dont on fond le schlich à l'usine royale doivent donner au roi 14 gros par quintal d'étain, payer les ouvriers à raison de 5 gros par quintal, et payer la corbeille de charbon 16 gros. Les frais généraux de fondage reviennent à 2 écus par quintal d'étain, ou à 6 écus par soixante voitures de minerai.

Les mines d'étain du district de Marienberg occupent maintenant soixante ouvriers, et livrent annuellement 50 à 60 quintaux d'étain. Résultats généraux.

Dans l'année 1821, on a extrait sept cent vingt voitures de minerai, du poids d'environ 12,000 quintaux, et on en a retiré 77 quintaux de schlich, qui ont rendu 45 quintaux et 26 livres d'étain fondu, qui, à 28 écus le quintal, valaient 1266 écus ½.

	écus.	gros.	liards.
Or les frais d'administr. se sont montés à.	342	21	10
Ceux d'extraction et roulage.	261	3	2
Frais de forge, bois et matériaux . . .	40	»	»
Les frais de transport au jour.	10	»	»
Ceux de préparation mécanique.	162	18	»
Frais généraux.	9	5	»
Total. . . .	826	»	»

D'ailleurs, les frais de fonte ont été :

	écus.	gros.	liards.
Pour soixante-huit corbeilles de charbon, à 16 gros	45	8	»
Pour frais d'ouvriers, à 5 gros par quintal d'étain.	9	10	3
Pour droits d'usine, à 14 gros par quintal d'étain.	26	9	6
Pour transports du schlich et de l'étain.	4	21	3
Pour éclairage, pesée, marque, surveillance, etc.	6	»	»
Total.	92		

D'où il suit qu'on a eu un bénéfice de 348 écus et demi.

MINES D'ÉTAIN D'EHRENFRIEDERSDORF.

Aspect physique.

La contrée d'Ehrenfriedersdorf, d'une hauteur peu différente de celle de Marienberg, dont elle n'est éloignée que de trois lieues, est généralement assez unie : différens ravins la divisent en monts séparés, qui seulement à leurs parties supérieures offrent des pentes escarpées. Ces monts, en grande partie couverts de prés et de forêts de sapin, portent tous des noms particuliers. Au sud de la ville, est le Sauberg, qui a produit autrefois beaucoup d'argent et d'étain, et d'où on retire encore de l'étain ; à l'est du Sauberg, est le Virunggebirge, qui a la même composition, et se joint, vers le nord, au Galgenberg, joignant lui-même, vers le nord-ouest, au Krebsberg. Celui-ci, formé de gneiss blanchâtre, qui plonge vers le nord, comprend une couche de 2 pieds de grenats massifs gris verdâtre, et une d'amphibole fibreuse *strahlstein*. Le Krebsberg forme,

avec le Frauenberg opposé, l'étroite vallée dans laquelle est bâtie la petite ville d'Ehrenfriedersdorf. Ce dernier mont, dont le faîte, étendu d'environ 800 toises vers le sud-ouest, a des pentes douces de tous côtés, est formé d'un schiste micacé très-chargé de grenats; il est d'ailleurs, ainsi que le Krebsberg, traversé de filons d'argent qu'on a exploités autrefois. Enfin au nord-ouest du Frauenberg, est le Freywaldgebirge, qui est le mont le plus élevé de la contrée, s'étend vers le sud et se prolonge jusqu'au Greifenstein. Le Freywaldgebirge, formé de schiste micacé, fut célèbre autrefois par les travaux qu'on y conduisit sur des filons analogues à ceux du Sauberg : on y trouve un grand nombre de haldes, de puits et de *pingen*, qui proviennent de ces anciennes exploitations; on y exploite d'ailleurs encore quelques filons d'étain et des couches de fer magnétique.

Le Greifenstein offre, sur une base de schiste micacé, neuf à dix blocs de granite, qui sont séparés les uns des autres, et s'élèvent perpendiculairement à une hauteur de plus de 100 pieds. Ce granite est à petits grains, formé de parties égales de quartz et feldspath rougeâtre, et de très-peu de mica noir; il est divisé par couches horizontales de quelques pieds de puissance, contient des fragmens anguleux d'un gneiss bien caractérisé, qui se lie à la masse en plusieurs points, et a beaucoup de rapport avec celui qu'on trouve dans le granite du Stockwerk de Geyer. Dans ce granite du Greifenstein, on a trouvé d'ailleurs du minerai d'étain disséminé; ce qui rend son analogie avec le granite de Geyer encore plus frappante.

Des filons d'étain du Sauberg.

La montagne de Sauberg, la seule qui offre aujourd'hui quelque intérêt, se dirige de l'est à l'ouest sur une longueur de 700 toises environ; ses pentes sont couvertes de champs et de prés, et son faîte d'un grand nombre de haldes, restes des anciennes exploitations. Elle est formée d'une roche de gneiss noirâtre très-micacé, dont les couches, dirigées du sud-ouest au nord-est, plongent de 18 à 25° vers le nord-ouest, et sont traversées d'un grand nombre de filons d'étain et d'argent.

Les filons d'étain sont dirigés vers 6 heures de la boussole; ils ont de 1 pouce à 8 et 10 pouces de puissance, et s'inclinent de 80° vers le nord. Ils sont toujours en grand nombre les uns près des autres, et forment, par leur ensemble, un *zuge*, ou filon composé, dont la largeur varie d'une à 3 toises et qu'on exploite en entier.

Ces filons composés, distans ordinairement de 10 à 12 toises, sont séparés entre eux par des masses de gneiss, comme les filons simples qui les composent : dirigés généralement de l'est à l'ouest, ils ne conservent pas du reste toujours leur parallélisme, mais se réunissent quelquefois dans la direction, comme on le voit au Virunggebirge. Les filons simples d'une même suite ne sont pas non plus toujours bien parallèles ; ils se réunissent souvent plusieurs ensemble dans la profondeur, et dans ce cas, le filon entier est composé d'un moindre nombre de filons partiels, mais plus puissans.

Les petits filons stannifères d'Ehrenfriedersdorf sont composés d'une gangue quarzeuse, dans laquelle est disséminé de l'étain oxidé, souvent

cristallisé, et toujours en plus gros grains qu'à Marienberg; ils contiennent, en outre, beaucoup de fer arsenical, un peu de wolfram, et souvent de la chaux fluatée et phosphatée. Quelquefois l'étain forme le milieu du filon; d'autres fois, il est aux salebandes; le plus souvent il est irrégulièrement disséminé dans toute sa masse. On remarque aussi que le quarz des salebandes est intimement lié au gneiss des parois; ce qui prouve qu'il y a eu peu d'intervalle entre ces filons et le gneiss : du reste, on ne trouve point ici, comme à Marienberg, du minerai d'étain dans le gneiss.

Les filons d'étain d'Ehrenfriedersdorf sont coupés sous différentes pentes et presque à angle droit par les filons d'argent qui sont *stehende* ou *flache*, c'est-à-dire dirigés généralement du sud au nord. A la rencontre de ces deux sortes de filons il y a non-seulement anoblissement produit de part et d'autre, mais encore sur toute la ligne d'intersection; les minerais des deux espèces sont entièrement mélangés.

Pour l'exploitation d'un *zuge*, ou filon composé, on creuse ordinairement un puits sur ce filon ; on le divise en deux compartimens : l'un pour la descente, et l'autre pour l'élévation du minerai; du reste, on n'est point dans l'usage de les boiser, et les échelles y sont assez mal disposées. De ce puits on dirige sur le filon des travaux à gradins droits, qu'on dispose sur toute leur largeur. Un ouvrier attaque ordinairement une demi-toise; de sorte que, sur un même filon, on a souvent de huit à dix ouvriers, suivant sa puissance. Ces ouvriers travaillent à la poudre; ils font des

Genre d'exploitation.

postes de 8 heures, pendant lesquels ils percent des trous de 1 à 2 pieds de profondeur. Ils trient le minerai qu'ils obtiennent et remblaient, derrière eux, les espaces excavés, avec les roches stériles, qu'ils jettent sur les planchers disposés à cet effet.

Du boisage. Ces planchers sont de deux sortes : 1°. lorsque le filon composé n'a qu'une à 1 toise ½ de puissance, c'est une suite de plans inclinés, qui s'élèvent sur toute la hauteur du filon et font entre eux des angles qui dépendent de l'inclinaison du filon : ces plans sont composés de fortes pièces, qui s'engagent dans le toît et le mur, et qu'on recouvre de petits rondins, sur lesquels on pose les déblais; 2°. lorsqu'au contraire les filons composés ont de 1 ½ à 3 toises de puissance, on forme les planchers de deux parties, qui se réunissent en dos-d'âne, sur une poutre placée dans le milieu, et pour que la plus grande pression ait toujours lieu sur ce point de réunion, on varie la longueur respective des deux parties de planchers en raison de l'inclinaison du filon. Dans ce dernier cas, on dispose ces boisages de 6 en 6 pieds sur la hauteur du filon.

Dans les mines d'Ehrenfriedersdorf, les mineurs reçoivent, par semaine de six postes, 22 gros et 1 ½ à 2 livres de poudre.

Du roulage intérieur. Le minerai extrait est conduit aux puits d'extraction dans des brouettes du contenu de 1 ½ quintal, et de là monté au jour dans des tonnes de 3 quintaux, au moyen de treuils mus par deux hommes. Les rouleurs ont 18 gros et les hommes du treuil 24 gros, par semaine de six postes.

De l'épuisement. Les mines du Sauberg sont asséchées par une

galerie royale d'écoulement dite *Tiefe Sauberger Stolln*, qui part du pied sud du Krebsberg, et joint le Sauberg à 33 toises sous jour, après avoir parcouru une distance de 114 toises. Autrefois on exploitait au-dessous de cette galerie, et on avait des pompes qu'on faisait mouvoir par une roue à eau, pour épuiser les niveaux inférieurs; mais aujourd'hui qu'on travaille au-dessus de la galerie, cette machine n'existe plus.

De la préparation mécanique.

Les minerais d'Ehrenfriedersdorf sont séparés sur les haldes du gneiss, auquel ils tiennent, puis conduits aux ateliers de bocards. Ces bocards, de construction analogue à ceux d'Altenberg, sont suivis de deux rangées de quatre canaux chacune pour le dépôt des schlichs qu'entraîne avec elle l'eau des auges. Les schlichs les plus gros sont passés deux ou trois fois aux tables à secousse, puis lavés au schlemm-graben ouvert, et donnent le *groberkies*, qui est bon alors à être grillé. Les schlichs plus fins vont, au contraire, aux tables dormantes, où ils subissent immédiatement la première préparation, et donnent du *klarerkies*. Ces schlichs, désignés sous le nom de *kies*, sont grillés séparément dans un four à réverbère sans chauffe, qui a 12 pieds de long, 9 pieds de large et 18 pouces de haut; on y en met à-la-fois 12 à 14 quintaux, qu'on grille en 6 à 8 heures. Le *klarerkies* est ensuite lavé trois fois sur les tables dormantes, où il se réduit aux $\frac{2}{3}$ de son volume, et est rendu bon pour la fonderie, tandis que le *groberkies*, passé trois ou quatre fois au schlemm-graben, où il diminue des $\frac{5}{7}$ à $\frac{6}{7}$ de son poids, retient encore de l'arsenic non décomposé, qui exige de le soumettre à un deuxième grillage

et deuxième lavage au schlemm-graben, avant de l'avoir entièrement pur. Des schlichs résultant de trois cent cinquante voitures de minerai, on fait dix-neuf grillages; savoir, pour *klarerkies*, deux; et pour *groberkies*, quinze de la première fois et deux de la seconde. On consomme, dans ces opérations, 5 cordes $\frac{7}{4}$ de bois ou 540 pieds cubes, et on obtient 5 quintaux $\frac{1}{2}$ de schlich fin et 12 $\frac{1}{5}$ de gros schlich.

De la fonte des schlichs. La réduction de ces schlichs s'opère dans un fourneau de 7 pieds de hauteur, qui, vers sa partie inférieure, a 16 pouces de longueur, 10 $\frac{1}{2}$ de largeur antérieure, et 12 pouces de largeur postérieure; tandis que, dans le bas, il a 18 pouces de longueur, 10 pouces de largeur antérieure et 12 pouces de largeur postérieure. Sa sole est formée d'une pierre de granit, composée d'égales parties de quarz et feldspath et de très-peu de mica; on lui donne une pente d'autant plus grande que le minerai est plus réfractaire; elle est ordinairement entre 4 et 7 pouces. L'œil est à 3 pouces au-dessus de la sole; il a 3 pouces $\frac{1}{5}$ de large; la forme est à 4 à 5 pouces au-dessus de la sole, et donne à $\frac{1}{2}$ pouce au-dessus de l'œil. Les soufflets en bois ont 9 pieds 8 pouces de longueur, 3 pieds de largeur supérieure, 18 pouces de largeur inférieure, et 2 pieds 10 pouces de plus grande extension; ils font, chacun, quinze aspirations par minute.

Dans vingt-trois à vingt-quatre heures de temps, on passe à ce fourneau 19 quintaux de schlich et 2 quintaux $\frac{1}{2}$ d'*abgang*, ou résidus de lavage et de crasses produites pendant l'opération. Les scories qui résultent sont repassées deux fois

au même fourneau, et exigent environ le même temps. On retire ordinairement de cette double opération 10 à 10 $\frac{1}{8}$ quintaux d'étain en quatre-vingt-dix-huit à quatre-vingt-dix-neuf balles, et on consomme trente corbeilles de charbon à 14 pieds cubes 648 pouces cubes. Ainsi, pour un quintal d'étain produit, la consommation en charbon est d'un pied cube 756 pouces cubes.

L'usine appartient à des particuliers : le fondeur reçoit du maître d'usine, pour chaque quintal d'étain produit, 6 gros et sa boisson pendant le temps de fonte ; il reçoit, en outre, 12 gros à chaque réparation d'un fourneau dont la pierre de sole a besoin d'être changée.

Les sociétaires ou propriétaires du schlich que l'on fond paient au maître d'usine par quintal d'étain, 1°. 9 gros pour droit de fondage ; 2°. 3 gros pour entretien d'usine ; 3°. 8 gros par corbeille de charbon qu'ils usent. Ils ont, en outre, à payer au Roi, propriétaire de la galerie d'écoulement, 14 gros par quintal d'étain pour droit de neuvième, et au juré des mines du district, un gros par quintal d'étain pour droit de pesée.

Les scories dernières et débris de fourneau appartiennent aux sociétaires, qui les laissent ordinairement au maître d'usine, moyennant que celui-ci leur donne 12 gros par quintal d'étain. Les scories qui s'attachent aux bassins de fourneaux à schlich sont rassemblées et bocardées à eau lorsqu'on en a une quantité suffisante : les grains d'étain contenus restent dans l'auge, d'où on les retire, et le schlich de scorie qui se dépose dans les canaux est fondu sur un

petit fourneau de 5 pieds. De 33 pieds cubes $\frac{1}{2}$ de ces scories on retire ordinairement un quintal d'étain, qui coûte, en frais, de 19 à 20 écus.

Les dernières scories, qui ont été rechargées deux fois consécutives au fourneau de schlich, sont passées de même à un fourneau de 5 pieds, et donnent des quantités d'étain très-différentes. On passe ordinairement 2 pieds cubes de ces scories en une heure, et on brûle dans ce temps une corbeille de charbon.

Les débris de fourneaux bocardés et lavés sont fondus au fourneau de schlich avec un mélange d'*aftern*, résidus provenant des lavages au schlemm-graben du schlich le plus gros. De 5 quintaux de ce mélange on retire moyennement 1 quintal $\frac{3}{4}$ d'étain, et on brûle sept corbeilles de charbon en 10 à 12 heures.

Considérations générales. Les mines d'Ehrenfriedersdorf ont été exploitées avec une grande activité dans les temps anciens; c'est ce dont ne permettent pas de douter les nombreuses excavations et la grande quantité de haldes qu'on remarque de tous côtés. On sait aussi que le mont Sauberg, sur lequel ces restes d'anciens travaux sont les plus abondans, fut le sujet d'exploitations très-avantageuses dans les temps qui précédèrent la guerre des Saxons avec les Suédois. Ce furent d'abord des *eigenlöhner*, ou mineurs concessionnaires, qui les entreprirent, et de là ce grand nombre de puits qu'ils creusèrent par-tout, et le peu d'uniformité qu'ils mirent dans leurs ouvrages. Depuis, le nombre de ces *eigenlöhner* a beaucoup diminué, soit par suite de mauvaises entreprises, soit par l'abaissement subit du prix de l'étain : quelques socié-

tés se sont formées, qui agrandissent chaque jour les limites de leur concession, et qui tôt ou tard se rendront maîtres de la plus grande partie des mines de ce district; ce qui est bien à désirer dans l'intérêt de l'art.

De 1800 à 1814, les mines d'étain du district d'Ehrenfriedersdorf occupaient environ deux cents ouvriers, et livraient annuellement de 150 à 200 quintaux d'étain, et produisaient un bénéfice de 2500 à 3000 écus.

Aujourd'hui ces mêmes mines n'occupent plus que cinquante ouvriers; elles ne livrent plus annuellement que 50 à 60 quintaux d'étain environ, et couvrent à peine les dépenses.

MINES D'ÉTAIN DE JOHANNGEORGENSTADT.

La contrée de Johanngeorgenstadt est très-élevée, et divisée en monts escarpés par un grand nombre de ruisseaux et petites rivières, qui coulent dans des vallées étroites et profondes: le climat y est très-rude, le sol aride et l'aspect très-triste; on ne voit par-tout que des forêts de sapins sur les hauteurs, que des prairies peu fertiles dans les bas-fonds, et, du reste, fort peu de champs cultivés. Aspect physique.

La petite ville de Johanngeorgenstadt est bâtie sur le penchant ouest de la vallée de Schwarz-Wasser. Cette vallée, dans laquelle l'eau coule du sud au nord, divise la chaîne en deux parties; celle située à l'est s'élève à la plus grande hauteur avec des pentes douces; elle porte le nom de *Rabenberg*, est divisée par un ravin en Rabenberg inférieur et supérieur, et se prolonge un

peu dans la Bohême. La partie occidentale, nommée *Fastenberg*, qui s'élève doucement aussi, est aussi traversée de plusieurs ravins qui en font autant de divisions; l'une et l'autre sont riches d'ailleurs en mines d'argent et d'étain. Au sud-ouest du Fastenberg est le *Juglergebirge*, d'où l'on retire du fer et de l'étain, et au nord-ouest l'*Auersberg*, le mont le plus élevé de toute la contrée, qui est remarquable encore par sa composition et sa richesse en minerai d'étain.

Constitution géologique.

Les roches dominantes de ce district sont:

1°. Le granite, qui est à gros grains, distinctement stratifié, tantôt horizontalement, tantôt avec une légère inclinaison.

2°. Une roche qui fait le passage entre le schiste micacé et le schiste argileux, qui recouvre toujours le granite, et contient des couches de quarz gris hyalin.

3°. Enfin la roche de schorl-schiste, dont nous avons fait connaître la nature dans l'introduction; cette dernière ne se trouve qu'à l'Auersberg, reposant immédiatement sur le granite, tandis que les deux autres se montrent par-tout à-peu-près en égale quantité.

Quant aux accidens de ces diverses roches, on trouve:

1°. Dans le granite, beaucoup de filons contemporains de granite à grain fin, beaucoup de filons de quarz, et quelques filons d'étain et de fer. On remarque que les filons d'étain coupent ceux de granite, et que les filons de fer se trouvent toujours à la jonction du granite et des schistes.

2°. Dans le schiste argilo-micacé, des couches

subordonnées de feldspath et de pyrites, quelques filons de granite contemporains, de nombreux filons de quarz et des filons de fer et d'étain.

3°. Dans le schorl-schiste de l'Auersberg, de l'étain disséminé en petits grains visibles ou invisibles, et rarement cristallisé, et le même minerai en filons qui adhèrent fortement au schorl-schiste, et sont à-peu-près du même âge.

Des diverses formations de filons d'étain.

M. Freiesleben, qui a fait une étude particulière des filons stannifères de cette contrée, en a donné une description complète dans le 2e. volume de ses *Observations sur la Saxe.* Nous allons extraire de ce travail tout ce qui nous paraîtra suffisant pour donner une idée générale des diverses formations; puis nous dirons quelques mots des travaux auxquels elles donnent lieu, et des produits qu'on en retire.

M. Freiesleben distingue, aux environs de Johanngeorgenstadt, les quatre formations suivantes de filons:

Première formation.

La première et la plus ancienne formation se compose d'un mélange granitique de quarz, de talc et d'étain oxidé. Dans ce mélange, qui est à petits grains, le quarz blanc, grisâtre, et ordinairement esquilleux, domine toujours; le talc gris poireau ou gris blanchâtre est très-écailleux, et tient le milieu entre le talc et le mica. Quant à l'étain, de couleur ordinairement brun foncé ou noir brunâtre, il est disséminé en parties fines, rarement massif ou cristallisé. On trouve en outre dans ces filons, 1°. de l'ocre rouge de fer dans la plupart d'entre eux; elle y est disposée en nids dans la masse, ou remplit

des fentes qui traversent ces filons, ou en forme les salebandes; 2°. du stangen-schorl ou tourmaline fibreuse dans plusieurs; 3°. du wolfram et fer arsenical dans quelques-uns; 4°. enfin on y trouve, mais très-rarement, de l'urane oxidulé en lamelles superficielles, de l'opale commune massive ou disséminée, et du jaspe.

Les filons de cette formation se dirigent entre 7 et 8 heures de la boussole; ils sont sensiblement perpendiculaires, ou ne s'inclinent que légèrement vers le nord; ils ont une puissance de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{2}$, et même une à 2 toises: quelques-uns gisent dans les schistes; mais la plupart sont dans le granite. Dans leur voisinage, cette roche devient plus quarzeuse, et diminue de grain; souvent aussi elle adhère tellement au filon, qu'on ne peut y observer aucune salebande: cette dernière remarque n'est cependant pas générale.

La richesse de ces filons est très-différente: ainsi soixante voitures de minerai qu'on en retire donnent de 2 à 4 quintaux d'étain, comme à Gros-Zeche, ou 5 à 6, comme à Philipi Jacobi, ou 6 à 8, comme on assure l'avoir trouvé à Seegen-Gottes dans des temps passés. Le minerai de ces filons est très-fusible, et l'étain qui en provient se distingue par sa bonté et sa ductilité; dans la profondeur, ils deviennent plus pauvres, plus minces, plus quarzeux et plus ferrugineux.

Du rapport qu'il y a entre le mélange de leurs minéraux composans et celui des élémens de la roche dans laquelle ils gisent, et de la nature de leur structure, il résulte qu'on doit les considérer comme la plus ancienne formation d'étain qu'on connaisse; ils paraissent aussi par là plus

anciens que les filons de fer des mêmes chaînes, et en sont ordinairement coupés. Il est remarquable aussi que, dans d'autres contrées, ces deux sortes de filons paraissent être de même âge : ainsi les filons de fer du Steinbach-Schlucht sont quelquefois traversés de filons d'étain, qui les coupent alors seulement par veines et fentes. Ordinairement les filons de fer, où ils s'unissent aux filons d'étain, sont éparpillés et appauvris ; au contraire, les filons d'étain demeurent riches, dit-on, s'ils rencontrent ceux de fer sous un angle aigu.

Le granite du Rabenberg contient plusieurs filons de cette formation ; on en trouve aussi d'analogues dans le schorl-schiste de l'Auersberg, comme celui de Gros-Zeche.

La deuxième formation d'étain, qui a beaucoup de rapport avec la première et doit être à-peu-près du même âge, se compose d'un mélange granitique de quarz, feldspath et mica, dans lequel est disséminé l'étain oxidé; on y trouve, en outre, du fer arsenical et de l'ocre ferrugineuse, et quelquefois du fer oligiste, du wolfram, et même de l'urane oxidulé. Deuxième formation.

Ce qui distingue cette formation de la première, c'est cette grande quantité de fer arsenical qui fait toujours la neuvième ou dixième partie du schlich non grillé, et rend l'étain qu'on en retire d'une qualité bien inférieure.

Cette formation est d'ailleurs plus rare que la première, et ne paraît bien distincte que dans le filon de Weiss-löwner-gang, situé dans le granite du Steinheydlergebirge ; il se dirige sur l'heure 6 à 4, a une puissance de $\frac{1}{4}$ à 2 toises, et

donne 2 quintaux $\frac{1}{4}$ d'étain, et 28 livres d'arsenic par soixante voitures de minerai. Les filons d'Ehrenfriedersdorf paraissent se rapporter ici.

Troisième formation.

La troisième formation d'étain, à Johanngeorgenstadt, se compose d'un mélange de quarz, tourmaline et étain oxidé, dans lequel ces diverses substances sont disposées par veines minces, qui se continuent les unes près des autres, se terminent de différentes sortes, reparaissent, se traînent ensemble, et passent les unes sur les autres. Le quarz est à petits grains blanchâtres; la tourmaline est bacillaire, souvent radiée ou fibreuse; l'étain, brun foncé et grenu, est mélangé indistinctement à la tourmaline, ou disposé lui-même en bandes parallèles.

Les filons de cette formation gisent dans le schorl-schiste de l'Auersberg; ils sont dirigés sur 8 à 12 heures de la boussole, s'inclinent vers le sud et le sud-est, toujours au-dessous de 40°, coupent la direction de la roche, et sont puissans de 20 à 60 pouces. Ils donnent ordinairement de 2 $\frac{1}{2}$ à 3 quintaux d'étain par soixante voitures de minerai, et quelquefois atteignent une teneur de 4 à 10 quintaux; ils s'appauvrissent toujours dans la profondeur, et deviennent plus quarzeux et plus solides. Le schorl-schiste est ordinairement stannifère, et quelquefois un peu décomposé.

Ces filons se distinguent par leur inclinaison faible, leur éparpillement et leur adhérence à la roche; de sorte qu'ils ressemblent plus souvent à des veines stannifères qu'à de véritables filons: il est remarquable aussi qu'ils offrent, avec la roche qui les contient, la même analogie de struc-

ture que nous avons fait remarquer dans les deux formations précédentes.

La quatrième formation se compose d'un mélange de feldspath, lithomarge, quarz, étain oxidé et fer oxidé. Le feldspath altéré, friable et souvent terreux, est la substance dominante; là où il manque, il est remplacé par une lithomarge blanche, jaunâtre ou rougeâtre, qui, d'un côté, passe à l'argile à porcelaine, et de l'autre aux thonstein et pechstein. Quatrième formation.

Le quarz grisâtre et à fines esquilles est fréquemment traversé de petites lamelles de mica blanc d'argent, et souvent passe au hornstein.

Le fer oxidé est compacte, massif ou disséminé; quelquefois il colore seulement la lithomarge et le hornstein. L'étain oxidé est ordinairement engagé dans la lithomarge : tantôt il est massif ou disséminé à petits grains, mélangé avec du wolfram; tantôt il est en petits cristaux drusiques séparés.

Les filons de cette formation consistent presque tous en plusieurs veines adhérentes entre elles et à la roche. Dans le cas où cette dernière est décomposée, la masse entre les veines séparées est imprégnée d'étain. La plupart de ces filons sont entre 9 et 12 heures; ils gisent dans une roche tendre, schisteuse, droite et mince, qui tient le milieu soit entre le schiste micacé et le schiste argileux, soit entre le schiste micacé et un weisstein décomposé. Dans ce dernier cas, elle a un aspect veiné, qui provient des couches sablonneuses qui la traversent; elle paraît alliée au

schorl-schiste, et se montre aussi dans la contrée d'Eyberstock.

Si dans la liaison des parties constituantes de ces filons on aperçoit une structure granitique, on voit aussi leur différence avec les filons de première et deuxième formation. Dans ceux-ci domine un feldspath friable, sableux, là, le quarz et un talc lamelleux semblable au mica; ici, la texture est schisteuse, là, à grains fins : ils se distinguent également des filons du schorl-schiste par le feldspath décomposé et la lithomarge, qui sont si caractéristiques.

Les filons de cette formation se trouvent au Juglergebirge, qui, non loin de Johanngeorgenstadt, s'élève doucement vers le nord-ouest, et est séparé des parties limitrophes de la Bohème par un ravin, dans lequel coule le ruisseau dit *Pechhöfer-Bach :* il y en a là un grand nombre qui sont exploités depuis fort long-temps.

Exploitation des mines de ce district.

L'exploitation des différentes mines stannifères du district de Johanngeorgenstadt est par-tout la même; elle se fait par des suites de gradins droits ou renversés, dont les dimensions dépendent de celles des filons sur lesquels on les conduit.

Les ouvriers qui y travaillent à la poudre font des postes de huit heures, et reçoivent ordinairement un écu par semaine. L'extraction et le roulage au jour de soixante voitures de minerai reviennent moyennement de 20 à 24 écus.

Dans toutes ces mines on a, pour l'écoulement, des galeries, qui servent encore au roulage et aboutissent à des vallées où sont situées les laveries. Celles qui, comme Henneberg, exploitent à des niveaux inférieurs ont, en outre, des ma-

chines d'épuisement pour élever les eaux. Le roulage dans ces galeries se fait au moyen de chiens hongrois du contenu de 3 quintaux.

Les minerais extraits sont soumis aux préparations mécaniques dans des ateliers de laverie qui sont construits absolument sur les mêmes dimensions que ceux d'Altenberg. La seule différence qu'ils présentent avec ces derniers tient à la nature du schlemm-graben, qui est ici ouvert à son pied, et formé de deux compartimens disposés à différens niveaux sur sa longueur. L'eau se rend dans le compartiment supérieur d'une caisse adjacente, qui la distribue en lames minces, comme pour les tables dormantes; un enfant délaie la matière en la frottant contre la tête de ce premier compartiment, tandis qu'un homme la lave avec un petit râble qu'il promène dans les deux. La suite des opérations auxquelles on soumet les divers schlichs est d'ailleurs la même que celle que nous avons exposée tant de fois. Pour les minerais de Gros-Zeche, qui donnent des schlichs purs dès les premiers lavages, ils n'ont pas besoin d'être grillés: ceux au contraire de Henneberg, qui retiennent toujours beaucoup de fer, doivent subir ce grillage et un nouveau lavage. A Henneberg, on prépare généralement soixante voitures de minerai par semaine; les frais reviennent de 15 à 18 écus. Préparations mécaniques.

Les schlichs préparés sont fondus dans une usine royale, située dans la vallée de Schwartz-Wasser, à peu de distance de la ville. Cette usine se compose de deux petits fourneaux de 7 pieds de hauteur, alimentés par une machine soufflante, à trois caisses rectangulaires et régulateur, et d'un fourneau à scorie de 5 pieds de haut. Les Fonte des schlichs.

sociétés dont on fond le schlich doivent payer au Roi 14 gros par quintal d'étain produit; elles doivent donner, en outre, aux ouvriers 5 gros par quintal d'étain, et payer le charbon à raison de 16 gros la corbeille.

Les mines d'étain du district de Johanngeorgenstadt qui, sont aujourd'hui en exploitation, occupent encore quarante ouvriers, et livrent annuellement 50 quintaux d'étain : les deux plus importantes sont celles de Henneberg et de Gros-Zeche, pour lesquelles nous donnerons quelques nouveaux détails.

Mine d'étain de Henneberg. La mine de Henneberg, située sur le Juglergebirge, à une lieue $\frac{1}{4}$ au sud-ouest de la ville, donne du fer et de l'étain. Les filons d'étain qu'elle exploite sont ou *stehende* ou *flache gänge*; ils sont sensiblement verticaux, consistent tous en plusieurs veines, qui courent dans une roche schisteuse friable, et appartiennent, tous, à la quatrième formation. Le plus considérable de ces filons est le *Neuwein Krüger flache*, qui est dirigé entre 11 et 12 heures et s'incline de 80° vers l'est : il se compose de plusieurs veines, qui se distinguent par une teneur de quarz et de lithomarge ferrugineuse, et dont la masse schisteuse décomposée qui les sépare est imprégnée d'un peu d'étain : en sorte qu'on peut lui donner une puissance de 8 à 9 toises. Le minerai qu'on en a retiré, dans ces dernières années, a donné, par soixante voitures, 1 quintal d'étain; deux à trois de ces veines, puissantes de $\frac{1}{4}$ à $\frac{3}{8}$ de toise, se distinguent cependant par une teneur de 3 à 4 quintaux. Dans son prolongement, il est, comme tous les autres filons de ce lieu, coupé par une

roche ferrugineuse pourrie, provenant vraisemblablement des puissans filons de fer.

La mine de Henneberg est asséchée par la galerie d'écoulement dite Henneberger-Stolln, qui est longue de 252 toises et sert au roulage au chien des minerais : l'exploitation a lieu maintenant à 40 toises au-dessous de cette galerie. L'eau de ce niveau est élevée par une suite de pompes, mues par une roue à eau, qui est située au jour à une grande distance du puits, et y communique par deux rangées de tirans. Le minerai est lavé dans deux établissemens situés à 80 et 100 toises de l'embouchure de la galerie, et le schlich pur obtenu, réduit à l'état métallique dans la fonderie royale.

Cette mine, dont les premiers filons commencèrent à être attaqués en 1709, donna de 1709 à 1726 environ 254 quintaux et ½ d'étain fondu à la société de la galerie d'écoulement. Une autre société exploitant le filon Wins-Krug, en retira, de 1712 à 1718, aussi 76 quintaux ½. Cependant ces établissemens ne furent pas de longue durée; repris en 1805, ils ont donné, depuis, des résultats très-avantageux et suivis : aujourd'hui, la mine de Henneberg livre encore 10 à 12 quintaux d'étain par an.

La mine de Gros-Zeche est située au mont Auersberg, à ¾ de lieue au sud-est d'Eybenstock. Ce mont, qui s'élève de la vallée de la grande Bockau, a 700 toises de longueur et de largeur, 620 toises de circuit à sa base, et 110 toises de hauteur verticale au-dessus du sol de la galerie commune d'Eybenstock, percée à son pied est. Il offre des pentes escarpées des côtés est et ouest, *Mine d'étain de Gros-Zeche.*

mais plus douces des côtés nord et sud. A son sommet, il paraît, en outre, surmonté d'une partie plus roide, connue sous le nom de Thurm, et dont la base a 150 toises de circuit. Il est entouré d'autres monts moins élevés, mais aussi escarpés, dont le séparent des vallées qui sont toutes couvertes d'anciennes mines d'étain de lavage.

La partie inférieure de l'Auersberg consiste en granite à gros grains, mélangé de parties cristallines de feldspath rouge de chair, et à ce granite succède immédiatement la roche de schorl-schiste, qui le recouvre en forme de coin, et suit de tous côtés les pentes du terrain.

La mine de Gros-Zeche exploite des filons de la première et de la troisième formation : celui de Gros-Zeche, qui lui a donné son nom, est de la première; il fut travaillé dans le seizième siècle, et atteint de nouveau par la galerie profonde d'écoulement, dite *Eisberstöcker Commun Stolln*, à 123 toises de son orifice vers l'est. Ce filon gît dans le schorl-schiste; il se dirige entre 8 et 4 heures de la boussole, est puissant de 3 à 4 toises, et consiste en ce mélange ordinaire solide, à petits grains, qui est semblable au granite.

Les minerais de ce point sont conduits au jour par la galerie, lavés dans deux ateliers de lavoir peu éloignés l'un de l'autre, et fondus à la fonderie royale.

Dans le trimestre d'avril 1819, on a extrait environ soixante voitures de minerai, qui ont donné 2 quintaux et $\frac{1}{4}$ d'étain fondu, qui, à 32 écus le quintal, valent 72 écus.

Or, les frais d'extraction et de roulage de ces soixante voitures ont été de........................	23 éc.	12
Les frais de préparation mécanique........	17	21
Les frais de fondage......................	4	12
Enfin les frais généraux	24	11
Total......	70	8

D'où il suit que le bénéfice n'a été que d'un écu 16 gros. Ce résultat peut faire juger de la triste position dans laquelle se trouvent ces mines, aujourd'hui que le prix de l'étain est réduit à 28 ou 29 écus.

MINES D'ÉTAIN DE LAVAGE.

Dans toutes les vallées des hautes chaînes d'Eybenstock, on trouve une grande quantité de galets, qui, amassés sur 3, 5 toises et plus de hauteur, s'étendent à plusieurs milliers de toises de longueur. En beaucoup de lieux, ils n'occupent pas seulement les bas-fonds; mais ils reposent encore sur les pentes des même chaînes : c'est ainsi, par exemple, qu'ils recouvrent le côté oriental du mont Auersberg, jusqu'à moitié de sa hauteur. Ces galets sont formés de roches granitiques et schisteuses, analogues à celles des monts environnans : ils sont plus ou moins arrondis ; ils ont un volume d'une ligne à un pied, et quelquefois même trois pieds de diamètre; ils reposent ordinairement dans un sable à grains fins de quarz, et sont particulièrement riches en étain. Les galets de granite tiennent le plus souvent ce métal en filons; ceux de schorl-schiste, qui sont très-abondans, en sont tous imprégnés.

On trouve, en outre, des galets de minerai d'étain massif, et des cristaux désunis de 2 à 4 lignes de diamètre, épars dans le sable. Quelques galets contiennent encore du fer oxidé, de la tourmaline, et Charpentier dit qu'on y a trouvé de l'opale et quelques petites lamelles d'or.

La forme de ces galets et leur disposition montrent qu'ils sont dus à des courans qui venaient de l'est à l'ouest; leur analogie avec la roche des monts environnans, qu'ils se sont formés près des lieux où ils ont été déposés; leur recouvrement de terre végétale, tourbe et forêts, que leur origine remonte à des temps très-reculés.

La grande teneur en étain de ces galets a conduit les anciens à en tirer parti. Les mineurs ont nommé ces contrées *Seyffengebirge* ou chaînes de lavage, par suite de la nature des roches qui les recouvraient, ou du genre d'exploitation qu'ils leur appliquaient, et ils ont désigné par *seyffenwerk*, ou mine de lavage, les parties qu'ils travaillaient pour en retirer de l'étain.

On trouve dans les vallées des environs de Platten, Irrgang, Seyffen et Försterhaüser, un grand nombre d'anciens seyffenwerk abandonnés. D'Eybenstock, il y en a qui s'étendent vers le nord, dans les vallées de Bockau et du village de Sosau; on en voit de plus au-delà de la Mulde, dans les environs de Burckartsgrün : ceux d'entre l'Auersberg et le Rehhublergebirge étaient les plus importans de la contrée d'Eysbenstock.

Le travail de seyffenwerk est un des plus pénibles; l'ouvrier doit être le jour entier dans l'eau, exposé à toutes les intempéries de l'air,

dans des vallées élevées, où le climat est toujours fort rude. Cependant la plupart de ces seyffenwerk ont été exploités avec ardeur depuis plus d'un siècle; ils l'ont toujours été avantageusement jusque dans ces derniers temps, que le bas prix auquel est tombé l'étain a forcé de les abandonner tous.

Les seyffenwerk étaient ordinairement disposés dans des bas-fonds. Sur le penchant d'escarpemens qui s'élevaient de part et d'autre, on construisait des canaux pour amener l'eau, et de ces canaux on en menait, à angle droit, une suite d'autres petits, dans lesquels l'eau courant avec force désagrégeait les roches du sol et les entraînait au bas, dans un canal qui suivait le ravin. Des hommes placés dans ce dernier canal, chaussés dans de grandes bottes de bois, et ayant de l'eau jusqu'aux jarrets, séparaient les gros galets des petits, au moyen d'un râteau en fer : les plus petits passaient à travers les dents, et allaient se déposer plus loin, par ordre de pesanteur spécifique; les plus gros restaient sur le râteau, étaient jetés sur les côtés et tirés par d'autres ouvriers. Les galets gros et petits, jugés assez riches et recueillis, étaient alors portés aux bocards et laveries, puis fondus. Par ce genre d'exploitation, le quintal d'étain fondu revenait toujours de 32 à 36 écus.

Dans l'année 1817, on retira d'un seyffenwerk, près d'Eybenstock, 38 quintaux d'étain, qui occasionnèrent les frais suivans :

1°. Pour surveillans et maîtres laveurs.	162 écus	0 gr.
2°. Pour triage du galet et transport au bocard	75	20
3°. Pour paie des ouvriers de lavage et entretien du canal.	463	4
4°. Pour frais de forge, achat de bois et autres matériaux	109	4
5°. Pour frais de préparation mécanique.	82	20
6°. Pour frais de fonte des schlichs. . .	105	0
7°. Pour frais généraux	342	0
Total.	1340	0

D'où il suit que le quintal d'étain revint, cette année-là, à 35 écus environ.

MEMOIRE

SUR

LA COMBINAISON DU FER AVEC LE CARBONE,

Lu à l'Académie royale de Prusse, le 17 avril 1823,

PAR M. KARSTEN,

Conseiller supérieur des mines de Prusse, etc.

EXTRAIT (1).

On a distingué trois sortes de fer, fer doux, acier, et fer cru ou fonte de fer ; mais le passage du fer doux à l'acier est tellement insensible, qu'on ne peut assigner avec certitude la limite qui existe entre le fer le plus dur et l'acier le plus mou ; toutefois, il est peut-être encore plus difficile d'établir une séparation exacte entre l'acier et la fonte. Il existe beaucoup d'acier qu'on pourrait appeler fonte, et l'on rencontre différentes fontes qui pourraient prendre le nom d'acier. Ce n'est souvent qu'à l'aide d'une longue habitude qu'on parvient à distinguer la fonte de l'acier, par l'inspection de la cassure ; tandis que la différence qui existe entre l'acier trempé et non trempé est extrêmement frappante, et le changement de couleur qui suit tou-

(1) Ce mémoire, traduit par M. Culmann, capitaine d'artillerie, a été ajouté, comme appendice, au premier volume du *Manuel de la Métallurgie du fer,* de M. Karsten : ouvrage très-important, traduit par le même, et qui vient de paraître en deux volumes in-8°. ; chez Bachelier, Treuttel et Würtz, libraires à Paris. (Voyez, dans la précédente livraison, page 589, l'annonce que nous avons faite de ce même ouvrage.)

jours la trempe suffirait seul pour faire présumer que le métal a éprouvé, par cette opération, une révolution chimique : ce changement est encore bien plus marqué dans le fer cru. La fonte grise ou douce a si peu de ressemblance avec la fonte blanche et dure, qu'on est d'abord disposé à les regarder comme deux métaux différens, quoiqu'il ne faille pourtant qu'un abaissement de température pour faire naître une si grande différence. Nous verrons bientôt que le fer mou forme une série, qui de la fonte grise passe par tous les degrés de la fonte douce, de l'acier et du fer pur ; tandis que la fonte blanche, l'acier trempé, et le fer qui est devenu plus dur par la trempe, constituent une deuxième série, qui diffère essentiellement de la première par le mode de combinaison du carbone avec le fer.

A diverses époques, les métallurgistes ont eu des opinions différentes sur la fonte, l'acier et le fer doux ; cependant ils se sont toujours accordés à regarder ces substances comme des modifications du même métal, et comme l'analyse chimique pouvait seule fournir des inductions certaines sur la nature de ces modifications, on ne doit pas être étonné qu'on ait reçu si tard des lumières sur ce sujet. Les premiers renseignemens, dus à Schéele, Bergmann, Rinmann, furent pleinement confirmés et éclaircis par les travaux des chimistes français Monge, Berthollet et Vandermonde ; toutefois la présence de l'oxigène, qu'on a supposée dans la fonte blanche pour compléter la théorie, et qui fut admise sur de très-faibles raisons, a été bientôt reconnue comme erronée.

La cause de la différence qui existe entre la

fonte, le fer et l'acier, ne pouvait être attribuée qu'au carbone, la fonte en contenant plus que l'acier, et celui-ci plus que le fer forgé : les essais les plus simples, et l'expérience journalière qu'on est à même de faire dans les usines, éloignent toute espèce de doute à ce sujet ; mais on pense généralement aussi que la différence entre la fonte blanche et la fonte grise doit être attribuée seulement à la quantité de carbone contenue dans ces deux espèces de fonte, et le métallurgiste praticien, habitué à regarder la fonte blanche comme peu riche en carbone, s'est empressé d'adopter cette opinion.

Nous avons fait voir, depuis plusieurs années, que ce n'est pas à l'aide du carbone seul que l'on peut expliquer les différences d'une espèce de fer cru à l'autre, mais que le point essentiel est le mode de combinaison du carbone avec le fer. Nous avons prouvé, de plus, que la fonte blanche ne contient pas une plus petite quantité de carbone que la grise : de nouvelles expériences, faites depuis cette époque, ont confirmé la vérité de ces assertions ; mais elles nous ont appris aussi qu'elles devaient recevoir une rectification essentielle, sur-tout pour ce qui regarde la composition de la fonte grise et celle de l'acier non trempé.

Les difficultés que l'on éprouve pour opérer une analyse exacte des fontes doivent être comptées parmi les causes qui ont retardé la connaissance de la combinaison du fer dans ses différens états. Dans les analyses, le carbone s'échappe souvent, soit avec de l'hydrogène, soit sous la forme d'une huile, et quelquefois on voit se former une poussière d'un brun rougeâtre, que

M. Berzelius compare avec raison à l'extractif, tel qu'on le retire de l'humus ou des terres mélangées de débris d'animaux et de végétaux ; enfin, une autre difficulté résulte de ce que les divers composés de fer et de carbone, dont les proportions sont définies, et qui se trouvent dissous dans la masse de fer, ne peuvent être obtenus parfaitement purs, puisqu'au moment même où ils sont séparés du métal ils éprouvent déjà une décomposition.

Pour apprécier la nature de la combinaison du fer avec le carbone, il faut non-seulement déterminer la proportion des élémens, mais aussi indiquer l'état du carbone contenu dans le métal.

Notre but est de rassembler et de comparer entre eux tous les phénomènes que présente le fer dans ses différens états métalliques, pendant les chaudes, le refroidissement, la fusion, la dissolution dans les acides, ou la décomposition opérée de toute autre manière; nous croyons qu'il est très-important de présenter ici l'ensemble des faits qui, dans le travail du fer, peuvent jeter quelque lumière sur la nature de sa composition, d'autant plus qu'une partie de ces faits ont échappé souvent à l'attention des chimistes.

I. *Phénomènes que présente le fer pendant les chaudes.*

Le fer ductile, chauffé au rouge avec ou sans le contact du charbon, conserve ses propriétés après le refroidissement ; mais, exposé à la chaleur blanche, au milieu des charbons, il ne reste mou que dans le cas où il se refroidit avec lenteur : plongé dur, à l'état d'incandescence, dans l'eau, ou refroidi subitement d'une autre manière,

il acquiert plus ou moins de dureté, selon la durée et l'intensité de la chaude.

Le fer le plus doux et le plus tenace devient cassant, et semble avoir perdu sa force de cohésion lorsqu'il a été soumis long-temps, au milieu des charbons, à la chaleur blanche; mais il reprend sa ténacité par des chaudes données dans un feu ouvert et par le corroyage: refroidi lentement, il reste doux; mais, chauffé de nouveau, et soumis à un refroidissement subit, il devient dur et aigre: on sait que ce fer reçoit le nom d'*acier de cémentation*. Le passage de l'état doux à l'état dur est toujours accompagné d'un changement dans la couleur et même dans la texture, si la chaude qui précède la trempe a été poussée jusqu'à la chaleur blanche. Avant la trempe, la texture est à gros grains blancs et brillans, et l'aigreur du métal est si prononcée, qu'il se laisse piler et réduire en poudre; dans cet état, il a perdu une partie de sa soudabilité; l'acier qui a subi la trempe a pris une couleur plus claire. L'acier de cémentation perd d'autant plus de la propriété de se durcir par la trempe, qu'il est chauffé un plus grand nombre de fois dans un feu ouvert; l'acier naturel, préparé avec de la fonte, peut soutenir cette épreuve plus long-temps; mais l'acier fondu les surpasse tous les deux sous ce rapport.

L'*acier fondu*, obtenu en vaisseaux clos, soit avec de l'acier de cémentation, soit avec des aciers de forge, est toujours moins soudable, et devient plus dur par la trempe que l'acier qui a servi à le préparer lors même que l'acier fondu est chauffé à un moindre degré que l'autre. L'acier de cémentation qui se laisse souder assez

bien avec lui-même, et qu'on peut tremper à un degré de chaleur rouge clair, perd, s'il est refondu, la soudabilité presque en entier, et acquiert, trempé à la chaleur rouge brun seulement, un haut degré de dureté. Si on le trempait ensuite comme avant la fusion, il se comporterait de la même manière que l'acier de cémentation qui aurait été trempé à une trop haute température, c'est-à-dire qu'il deviendrait cassant, qu'il prendrait un gros grain et une couleur blanche.

L'acier trempé qu'on chauffe dans un feu ouvert, ou même dans la poussière de charbon, devient doux lorsqu'il se refroidit lentement; sa couleur, qui était blanche, passe au gris, et sa texture, s'il a été trempé à une chaleur trop intense, devient, par la chaude, plus fine et plus compacte.

Le fer ductile qui reste exposé trop long-temps à une forte chaleur blanche et à l'influence du charbon finit par se fondre et par se changer en fonte grise: le produit conserve encore de la mollesse; mais il est peu malléable, et ne se laisse pas souder. Le fer cru obtenu de cette façon ne diffère en rien de la fonte qu'on retire des minerais.

Lorsqu'on grille de la fonte blanche, aigre et lamelleuse, au contact de l'air pendant un temps assez prolongé, elle prend une couleur plus sombre et une texture grenue; elle devient douce et malléable, et ressemble alors à de la fonte grise. Le même effet se produit d'une manière plus ou moins prononcée quand on empêche l'accès de l'air en entier ou en partie, au moyen d'une couche de cendre d'os, d'argile, de sable quarzeux, de craie, de cendres végétales, et même de

plombagine ou de charbon. La formation de l'oxide dont la surface du métal se recouvre accélère ce changement. Si l'on plonge dans de l'eau la fonte traitée de cette manière, et lorsqu'elle est encore rouge de feu, on fait reparaître sa dureté, et sa texture redevient ou compacte ou grenue, brillante et d'une couleur blanche.

La fonte douce et grise n'éprouve de changement par un grillage prolongé que lorsqu'elle n'est pas garantie du contact de l'air, et qu'elle peut se couvrir d'une couche épaisse d'oxide : sa couleur s'éclaircit alors; sa malléabilité s'accroît, mais sa mollesse n'en est pas changée sensiblement : préservée du contact de l'air pendant la chaude, elle prend un grain plus gros; elle devient plus cassante, perd de sa malléabilité et même de sa mollesse. Si l'on chauffe au blanc la fonte grise, et qu'on la plonge dans l'eau, elle reçoit une couleur plus claire, et devient plus dure et moins malléable. Ces changemens sont moins prononcés dans les fontes qui proviennent de fourneaux à coke.

En réunissant ces faits, on voit déjà qu'une couleur foncée, jointe à un certain degré de mollesse et de malléabilité, qui en est la suite, n'indique pas précisément une grande quantité de carbone contenue dans le fer cru, de même qu'une couleur claire, jointe à une grande dureté, ne peut être attribuée à l'absence de ce corps; mais on peut en conclure qu'il se fait souvent un changement dans la combinaison du fer avec le carbone, et que ce dernier tend à se séparer du métal lorsque le refroidissement n'est pas instantané. La mobilité de cette substance dans la masse du fer ne doit pas, au reste, paraître

plus surprenante que sa combinaison avec le métal exposé seulement à la chaleur blanche. Dans ces opérations, il se forme un composé de deux corps, dont aucun ne se trouve à l'état liquide, dont l'un est très-difficilement fusible, et l'autre peut être entièrement infusible.

II. *Des phénomènes qui se passent pendant la fusion.*

L'*acier de cémentation* fondu en vaisseaux clos avec ou sans flux, et refroidi très-lentement dans le creuset même, devient beaucoup plus doux qu'il ne l'était avant la fusion, et prend une couleur plus sombre tirant sur le gris bleuâtre. La couleur grise est d'autant plus prononcée, que l'acier employé est plus dur, ou que le fer qui a été soumis à la cémentation est resté plus long-temps dans les caisses, et a éprouvé une chaleur plus forte. L'acier liquide, versé dans les moules, subit les mêmes modifications que la fonte, quoiqu'à un bien moindre degré.

L'*acier naturel*, traité de la même manière, éprouve des changemens moins sensibles; sa texture devient un peu plus grossière.

La fonte grise obtenue avec le charbon de bois, fondue dans un creuset d'argile, et refroidie avec lenteur, reste douce, conserve sa malléabilité, et prend seulement une grainure plus fine; fondue dans un creuset de graphite, elle n'éprouve, le plus souvent, aucune modification dans sa texture. La poussière de charbon (noir de fumée), ajoutée au fer cru, en augmente la douceur, la malléabilité et le poids, et lui communique une couleur gris foncé, noirâtre, si le refroidissement a été long : on voit alors sur la

surface du métal des lames de graphite, qui se montrent aussi dans la cassure. Refondue dans le creuset d'argile, et versée sur le sable humide ou dans des moules de fer, ou dans l'eau froide, la fonte grise se change en fonte blanche et aigre, et ce changement est d'autant plus complet qu'on a moins dépassé le degré de chaleur nécessaire à la fusion, et que le refroidissement est plus instantané : si le métal forme une pièce épaisse, ses bords deviennent blancs, tandis que le noyau, qui se refroidit plus lentement, conserve la couleur grise; si une pièce épaisse d'une fonte grise, obtenue d'un fourneau au charbon de bois, a été refroidie jusqu'à la chaleur rouge brun, et jetée ensuite dans l'eau froide, sa cassure présente un tout autre aspect; le noyau prend une couleur claire, tandis que l'enveloppe extérieure reste grise, parce que la partie intérieure éprouve dans l'eau un refroidissement subit avant d'avoir été figée.

La fonte grise, refondue dans un creuset de graphite, se comporte comme si elle l'avait été dans le creuset d'argile; mais liquéfié dans la poussière de charbon, ce fer cru se change plus complétement en fonte blanche que si la fusion avait été exécutée sans une addition de ce combustible: dans l'un des cas, les moules seront remplis d'une fonte parfaitement blanche, dure et aigre, tandis que dans l'autre ils le seront de fonte grise, ou du moins d'un mélange de ces deux espèces.

Si la fonte grise, obtenue dans les fourneaux à charbon de bois, est stratifiée avec le combustible dans un fourneau à cuve, et mise en fusion devant la tuyère, elle reçoit une couleur plus

blanche et une dureté plus grande que celles qu'elle avait auparavant ; liquéfiée, au contraire, dans des fours à réverbère sans addition de charbon, elle acquiert plus de mollesse, et si le refroidissement s'exécute avec beaucoup de lenteur, elle paraît n'éprouver aucun changement; mais lorsqu'on accélère le refroidissement, le fer cru se comporte à-peu-près de la même manière que s'il avait été traité dans le creuset d'argile. Les modifications qu'il éprouve sont toutefois d'autant moins sensibles, qu'il a été refondu un plus grand nombre de fois.

La fonte grise obtenue dans les fourneaux à coke, à l'aide d'une haute température, se comporte, dans sa fusion au creuset d'argile et en se refroidissant lentement, de la même manière que la fonte grise obtenue avec le charbon de bois, excepté que la première augmente un peu plus en poids lorsqu'on la refond dans la poussière de charbon ; mais ces fontes, versées dans des moules et refroidies subitement, ne manifestent pas les mêmes propriétés. La couleur, la douceur et la texture de la fonte au coke, n'éprouvent qu'un léger changement : granulée même dans l'eau froide, elle ne se convertit que difficilement en fonte blanche; si, mélangée de charbon, et couverte d'une couche de ce combustible réduit en poussière, elle se trouve refondue dans le creuset, et tenue long-temps en bain, ses propriétés se rapprochent alors de celles de la fonte grise obtenue avec le charbon de bois, et liquéfiée une seconde fois, c'est-à-dire qu'elle passe plus facilement à l'état de fonte blanche.

Stratifiée avec du charbon, et refondue dans

un petit fourneau à cuve, devant la tuyère, la fonte grise obtenue avec le coke conserve presque toute sa douceur et sa malléabilité : refondue dans un four à réverbère, elle devient encore plus douce et plus tenace qu'elle ne l'était avant la fusion. Il suit de là que cette espèce de fonte subit, dans toutes les circonstances, un changement moins notable que la fonte grise provenant des fourneaux à charbon de bois ; elles ne se rapprochent l'une de l'autre que lorsqu'elles sont refondues avec une addition de charbon dans le creuset, et qu'elles sont maintenues assez long-temps à l'état liquide, sous une couche de ce combustible.

La fonte blanche, la plus dure et la plus aigre, celle qu'on obtient lorsque le haut-fourneau n'est pas encore entièrement dérangé, se comporte, étant refondue dans un creuset et refroidie avec une lenteur extrême, de la même manière que la fonte grise liquéfiée avec une addition de charbon : elle forme un régule gris, doux et malléable ; mais si la fusion s'effectue dans la poussière de charbon, cette fonte n'en augmente pas de poids, à moins qu'elle ne soit mêlée avec la fonte truitée, ou qu'on ne l'ait obtenue dans un fourneau entièrement dérangé. Si pourtant le métal refondu ne se refroidit pas dans le creuset même avec beaucoup de lenteur, il se change promptement en fonte blanche. Le contact seul de l'air froid qui pénètre par le joint d'un couvercle mal luté peut produire ce changement dans le fer cru manganésifère, du moins à la surface du métal. Si l'on voulait verser la matière dans des moules, et empêcher la conversion de toute la masse en fonte blanche, il faudrait

chauffer ces moules à un haut degré, et souvent, malgré cette précaution, on n'obtient qu'un mélange de fonte blanche et de fonte grise, où la première est prédominante.

Refondue dans un fourneau à cuve, au milieu de charbons embrasés, la fonte blanche subit un déchet considérable, et le fer cru qu'on retire possède toutes les propriétés qu'il avait avant la fusion. Si cette fonte est liquéfiée dans un fourneau à réverbère, activé par un tirage considérable, elle ne change pas de nature; mais tenue en bain à une haute température, elle prend une couleur plus foncée, devient de plus en plus douce et malléable, et ne se laisse plus durcir aussi fortement par le refroidissement instantané.

La fonte blanche obtenue d'un fourneau dérangé se comporte, étant refondue dans le creuset, de la même manière que celle qui doit son origine à la fonte grise refroidie subitement. Elle forme, si le refroidissement est très-lent, un régule gris, doux et malléable, d'un grain fin, et qui ne blanchit pas aussi facilement, par le passage subit de l'état liquide à l'état solide, que l'autre espèce de fonte obtenue d'un fourneau non dérangé, et devenue grise par une seconde fusion.

Les conclusions que l'on peut déduire de ces phénomènes sont encore plus évidentes que celles qui résultent du grillage des fers carbonés. La fonte liquide contient le carbone en dissolution, sans proportions déterminées; si le métal se fige rapidement, les combinaisons en proportions définies ne peuvent pas se former, et toute la masse devient alors dure et aigre;

plus le régule est riche en carbone, moins on peut empêcher le refroidissement, et plus la fonte est dure et blanche ; moins il contient de carbone, plus le refroidissement s'exécute avec lenteur : en sorte que l'effet produit est le même à-peu-près que si l'on avait retardé la congélation, en laissant la fonte dans une température élevée. Il est donc évident que le carbone tend à se dégager du fer, et que la séparation est d'autant plus complète que le refroidissement s'exécute avec plus de lenteur. Une grande quantité de cette substance contenue dans le régule accélère le passage de l'état liquide à l'état solide ; il en résulte que, toutes choses étant égales d'ailleurs, le fer qui tient une petite dose de ce combustible en dissolution peut, en refroidissant, donner un métal doux, malléable et foncé en couleur; tandis que le régule, qui est plus riche en carbone, refroidissant plus vite, forme une masse dure, aigre et blanche. Les circonstances qui accompagnent le refroidissement du régule exercent donc une influence aussi forte sur la nature du métal que la quantité de carbone qu'il renferme.

III. *Des phénomènes produits par la dissolution du fer dans les acides.*

Nous ne nous proposons de parler ici que de l'action des acides sulfurique, muriatique et nitrique. Il est peut-être inutile de rappeler que la proportion de carbone contenue dans le fer ne saurait être déterminée rigoureusement par l'analyse que lorsqu'on saura recueillir les nouveaux corps formés par ce combustible pendant l'opération même, et en reconnaître la composition.

On sait depuis long-temps que telle espèce de fer qui, en se dissolvant dans l'acide muriatique, ne laisse aucun résidu, en donne un assez considérable par l'acide sulfurique, et particulièrement par l'acide nitrique. Si tout le carbone contenu se combinait avec de l'hydrogène pour former un gaz, on pourrait, en recueillant celui-ci et le soumettant à l'analyse, déterminer, non sans difficulté, mais avec une certaine exactitude, la proportion de carbone contenue dans le fer; mais il se forme en même temps une huile dont la composition est inconnue, et dont la quantité ne saurait être appréciée avec précision.

De semblables obstacles se présentent avec les acides muriatique et sulfurique, et l'acide nitrique change quelquefois le carbone en une poudre d'un brun rougeâtre de nature inconnue, et qui reste en partie dissoute dans la liqueur.

L'emploi de l'acide sulfureux, proposé par M. Vauquelin, paraît encore plus difficile, parce qu'il se forme du sulfure de fer. On ne pourrait pas non plus atteindre le but en traitant le métal par le persulfate ou le perhydrochlorate de fer, moyen par lequel on éviterait le dégagement de l'hydrogène et la perte de carbone qui en résulte, parce que la dissolution serait imparfaite, et qu'il y a d'ailleurs des espèces de fer qui s'y refuseraient totalement; enfin il se formerait des sous-sels, malgré la précaution que l'on pourrait prendre d'opérer en vase clos.

Quoique la dissolution du fer dans les acides ne fournisse pas un moyen de déterminer rigoureusement la quantité de carbone qu'il contient, les phénomènes qu'elle présente peuvent cependant servir à faire juger de l'état dans lequel

cette substance se trouve dans les diverses espèces de fer carboné.

Le fer doux se dissout dans l'acide muriatique non concentré et dans l'acide sulfurique étendu d'eau, en laissant un résidu graphiteux, qui, après avoir été lavé et séché, devient attirable à l'aimant, et donne, étant grillé avec le contact de l'air dans le creuset de platine, un oxide rouge de fer. En séjournant quelque temps dans les acides étendus d'eau, cette substance devient d'un brun noirâtre, et se change en un charbon qui cesse d'être attirable à l'aimant; l'acide nitrique le convertit très-promptement en une poudre brun rougeâtre, qui, sans laisser de résidu, brûle avant d'arriver à la chaleur rouge. L'acide muriatique concentré dissout le fer, sans laisser aucun résidu, et l'acide sulfurique, faiblement concentré, ne laisse qu'une trace d'une poudre brun noirâtre; en se servant de l'acide nitrique, on obtient un charbon brun rougeâtre, qui, si l'on chauffe la liqueur, se dissout promptement, et donne à la dissolution une couleur brune.

L'acier de cémentation, tel qu'il sort du fourneau, se comporte avec les acides sulfurique et muriatique de la même manière que le fer forgé; mais il laisse pour résidu une plus grande quantité de substance graphiteuse.

L'acide muriatique concentré ne donne aucun résidu; l'acide sulfurique étendu de deux parties et demie d'eau dissout l'acier très-promptement, et pendant l'opération il se détache de petites feuilles de graphite qui se changent en charbon brun noirâtre. Si l'on décante promptement, avant même que l'acier soit décomposé,

et qu'on enlève le charbon déjà formé, en se servant de la potasse caustique qui le dissout et se colore en noir, on peut obtenir ces feuilles assez nettes; douées de l'éclat métallique, elles le conservent tant qu'elles sont plongées dans l'eau, et le perdent assez promptement par l'influence de l'air atmosphérique. Elles sont attirables à l'aimant, et laissent, après leur combustion dans le creuset de platine, un oxide rouge de fer.

L'acide nitrique dissout l'acier-poule très-promptement, et la dissolution est colorée d'une manière très-intense en rouge brun par les feuilles de graphite, qui se changent en charbon brun rougeâtre, et se dissolvent dans l'acide. L'acide nitrique concentré donne une plus grande quantité de graphite que l'acide sulfurique concentré. Cent parties de cette substance laissent, après leur calcination dans un creuset de platine, de 80 à 94 parties d'oxide rouge de fer. L'acide nitrique étendu dissout plus lentement le métal, et il ne se détache pas de feuilles graphiteuses. Lorsque l'acier a reçu une texture plus compacte par le battage à froid, on ne peut plus en séparer des feuilles, même en employant l'acide concentré.

L'acier fondu refroidi lentement se comporte, en se dissolvant dans les acides, presque de la même manière que l'acier de cémentation; seulement la dissolution est plus lente, et les feuilles graphiteuses se changent plus vite en charbon rougeâtre. L'acier fondu martelé se dissout plus lentement dans l'acide nitrique, ainsi que dans l'acide muriatique étendu, que ne le fait l'acier de cémentation. Le résidu graphiteux est mêlé de beaucoup de matières rougeâtres, dont une

partie se dissout ensuite, particulièrement s'il s'agit d'acide nitrique.

L'acier de forge non trempé, l'acier fondu refroidi lentement et la fonte blanche devenue grise par un grillage prolongé, se comportent, dans leur dissolution par les acides, de la même manière que l'acier cémenté refroidi lentement, et rendu plus compacte par le martelage à chaud; la séparation des feuilles graphiteuses d'avec le métal est à peine sensible, parce qu'elles se changent aussitôt en poudre d'un brun rougeâtre.

Tous les aciers trempés manifestent, à l'égard des acides, les mêmes propriétés, modifiées d'ailleurs par le degré d'énergie de la trempe. Celui qui est le plus fortement trempé se dissout dans les acides le plus difficilement et le plus lentement; traité par l'acide nitrique, il donne la poudre brun rougeâtre dont nous avons parlé. Lorsque cet acide est étendu d'eau, on voit se séparer de l'acier des flocons noirs ayant l'éclat métallique, non magnétiques, solubles dans la potasse caustique, et doués de la propriété de brûler avec explosion dans le creuset de platine, sans laisser aucun résidu; ces flocons se changent en poudre rouge brun par leur séjour dans l'acide.

La fonte blanche se comporte comme l'acier trempé; mais les phénomènes sont encore plus prononcés. Les acides sulfurique et muriatique étendus n'exercent presque aucune action sur cette espèce de fer carboné. L'acide muriatique concentré la dissout promptement à la chaleur de l'ébullition, sans laisser aucun résidu. L'acide nitrique, employé à la température ordinaire, sépare du métal des flocons noirs, qui éprouvent ensuite le changement en poussière brune.

La fonte grise se comporte d'une toute autre manière : les acides muriatique et sulfurique étendus d'eau l'attaquent lentement ; on obtient, après plusieurs mois, un résidu qui contient le carbone dans *trois états* différens : une portion de ce résidu se compose de feuilles et d'écailles douées d'un éclat métallique très-prononcé, non solubles dans les acides et les alcalis, non attirables à l'aimant et ne brûlant qu'à la chaleur rouge ; ce corps est connu depuis long-temps sous le nom de graphite. Une autre partie présente aussi un aspect graphiteux ; mais elle agit sur l'aiguille aimantée, et se comporte de la même manière que la substance analogue, obtenue de l'acier trempé dissous dans les acides : enfin, une autre portion a une couleur brun noirâtre ; elle n'est pas magnétique, colore la lessive de potasse en noir, et brûle avant que le creuset soit rouge. Le graphite se trouve toujours dans le résidu de la dissolution par les acides. Quant aux deux autres produits, il en manque souvent l'un ou l'autre. L'acide muriatique agit sur la fonte grise plus fortement que les acides étendus, sur-tout lorsque son action est augmentée par celle de la chaleur ; une partie du graphite est enlevée mécaniquement par l'hydrogène, mais on en obtient toujours une certaine quantité. L'acide sulfurique, faiblement étendu d'eau, dans les mêmes circonstances, laisse, outre le graphite, du charbon noir, facilement combustible et non attirable à l'aimant.

L'acide nitrique, à 1,3 de pesanteur spécifique, agit assez faiblement sur la fonte grise ; il présente des phénomènes qui paraissent s'accorder tantôt avec ceux que produit l'acier doux,

tantôt avec ceux que produit l'acier trempé. Le premier cas arrive si la fonte est très grise, et le second lorsque sa couleur est plus claire.

Pour se rendre raison des divers phénomènes que présente le fer carboné en se dissolvant dans les acides, on doit d'abord fixer ses idées sur la nature des substances qui se séparent pendant la dissolution. Le graphite peut être obtenu parfaitement pur, parce qu'il est inattaquable par les acides et les alcalis ; à la chaleur lumineuse et en contact avec l'air, il disparaît lentement sans laisser aucun résidu ; pour en brûler de cette manière 17 grains sous la moufle d'un fourneau d'essai, il me fallut quatre heures, quoique cette moufle eût été entretenue à la chaleur blanche. Cette quantité de graphite n'a laissé sur la feuille de platine où elle était étendue qu'une trace de silice parfaitement blanche, et qui avait échappé à la potasse caustique. Pendant le grillage, le graphite diminue peu-à-peu sans qu'on puisse apercevoir le moindre indice de flamme. Si l'on examine les feuilles à demi calcinées, on voit qu'elles sont devenues plus minces que les autres ; qu'à la lumière elles paraissent transparentes en certains endroits, et qu'elles présentent une texture fibreuse particulière, qu'on n'aperçoit pas dans celles qui n'ont pas été grillées : fondu avec le nitrate de potasse, ce graphite ne produit pas d'explosion, il se consume lentement. Je n'ai pu réussir à changer le sulfate de potasse en sulfure à l'aide de cette matière charbonneuse.

Il résulte de ce que nous venons de dire que le graphite contenu dans la fonte grise n'est pas un composé de charbon et de fer; mais il paraît

être le charbon parfaitement pur, ou, pour mieux dire, la base métallique de ce combustible : il s'agit donc d'examiner encore si le graphite naturel est un carbone pur, ou bien s'il est véritablement un composé de carbone et de fer.

Il n'est pas aussi facile de déterminer la nature du résidu graphiteux qu'on obtient en dissolvant l'acier non trempé dans les acides : d'abord il faut des circonstances très-favorables pour le séparer du métal, et encore se trouve-t-il presque toujours dans un état de décomposition très-avancé. Cette matière, obtenue de l'*acier-poule* à l'aide de l'acide nitrique concentré, paraît être assez homogène, et encore, malgré beaucoup de précautions, je suis toujours parvenu à des résultats différens dans chaque analyse. La quantité de peroxide de fer restée dans le creuset de platine variait entre 82 et 94 pour 100; la proportion qui a été trouvée le plus fréquemment était 40 de charbon avec 60 de métal. D'après cette donnée, la substance dont il s'agit serait composée, dans le système de M. Berzelius, de six atomes de carbone et d'un atome de fer; toutefois il faut répéter qu'il n'est pas entièrement certain que la matière employée n'avait pas déjà éprouvé de décomposition. Il est vraisemblable que des expériences plus précises feront voir que cette substance n'est pas un *sexto-carbure*, et qu'elle renferme les deux élémens dans une autre proportion; mais on peut la regarder, sans crainte d'erreur, comme un carbure formé d'un atome de fer uni à plusieurs atomes de carbone; cette substance se trouve contenue dans le fer forgé, dans l'acier

non trempé, dans la fonte blanche devenue grise par un grillage prolongé, ainsi que dans la fonte grise lorsqu'elle est très-douce et foncée en couleur.

La remarque que nous avons faite précédemment, que le carbone tend à se séparer du fer soumis à une haute température et refroidi avec lenteur, se confirme par la dissolution de diverses espèces de fer combinées. La fonte grise, seule, contient du carbone non combiné, qui, dans cet état, résiste à l'action des acides, et ne produit, pendant la dissolution, d'autre effet que d'en retarder les progrès d'une manière mécanique. Lorsque la matière se refroidit promptement, le charbon n'a pas le temps de s'isoler; il reste uni à toute la masse du fer, et comme il tend à dérober celui-ci à l'action de l'acide, il participe au changement que ce dernier fait éprouver au métal, ou bien il se trouve entraîné par l'hydrogène à l'état de gaz, ou il se combine avec l'oxigène ou l'hydrogène, et sans doute avec d'autres corps encore, pour former un liquide oléagineux, ou enfin il constitue un résidu noir, qui est facilement inflammable, et qui a perdu presque tout son éclat métallique.

Le carbone est contenu d'une autre manière dans l'acier non trempé, et en partie dans la fonte grise ; au lieu d'être combiné avec la masse entière du métal, il ne l'est ici qu'avec une partie en proportion définie, et ce composé se trouve ensuite dissous dans le reste du fer; il s'ensuit que ces fers mous sont plus fortement attaqués par les acides que ne peuvent l'être la fonte blanche et l'acier trempé, et que l'action de ces réactifs sur le carbone des fers

mous est plus prononcée, parce que ce carbone ne s'y trouve combiné qu'avec une petite quantité de métal.

L'acide nitrique, par exemple, change tout de suite le carbone contenu dans les diverses espèces de fer mou en poudre brun rougeâtre, tandis qu'il ne le sépare d'abord des fers durs que sous la forme d'une substance noire, qui devient seulement rougeâtre par l'action prolongée de l'acide.

Il est donc indubitable que le carbone se trouve en trois états de combinaison dans le fer carboné. Il y est mélangé à l'état de graphite ou combiné avec toute la masse, ou enfin combiné en proportion définie avec une partie du fer, et formant un carbure, qui est ensuite dissous dans le reste du métal.

La mollesse du fer n'est jamais déterminée d'une manière absolue par la quantité de carbone qu'elle contient; mais elle l'est par la quantité du carbone mélangé qu'il renferme, soit à l'état de graphite, soit à l'état de *polycarbure*, s'il nous est permis d'employer cette expression. La malléabilité à la température ordinaire paraît être proportionnelle à la mollesse du fer; il n'en est pas de même à la chaleur incandescente, parce qu'il se forme alors divers composés de carbone. La fonte grise, qui, à la température ordinaire, est très-douce, perd, lorsqu'on la travaille sous le marteau, étant rouge de feu, d'autant plus de sa douceur que la chaude a été plus intense. L'analyse prouve aussi que cette fonte grise, forgée, contient beaucoup plus de carbone combiné qu'il n'y en avait avant la chaude, parce que les coups de marteau rappro-

chent les parties et favorisent l'union des deux corps : c'est par cette raison que, dans les températures élevées, la ténacité du fer est modifiée par la quantité de carbone qu'il contient.

La fonte grise devrait posséder, à la température ordinaire, le même degré de malléabilité que le fer le plus doux, si le graphite qu'elle contient à l'état de mélange ne s'opposait pas à la réunion des molécules du métal.

Nous manquons encore d'expériences sur les modifications que le carbone contenu dans le fer fait éprouver à la ténacité de ce métal ; la fonte grise est très-douce sans être de la plus grande ténacité relative ; la fonte blanche est la plus dure, ce qui doit diminuer nécessairement sa résistance : il se pourrait que le mélange des deux espèces de fers, plus dur que l'un et plus mou que l'autre, possédât la plus grande ténacité.

Si l'on demandait la raison pour laquelle le carbone contenu dans le fer refroidi lentement n'en est pas toujours séparé à l'état métallique, ou pourquoi le fer en barres et l'acier non trempé, lorsqu'ils ont été en fusion, ne contiennent point de graphite, et qu'on n'y trouve que du polycarbure, il serait difficile de répondre à cette question. On peut croire que la quantité de carbone contenue dans le fer doit être dans un maximum, pour que cette séparation puisse avoir lieu, et qu'au-dessous de ce point il se forme toujours du polycarbure. Il est probable aussi que la séparation du carbone d'avec la masse du métal s'opère dans le premier instant du refroidissement, et que plus tard il se forme les composés que nous voyons naître en chauffant le fer dans la poussière de charbon. Cette supposition

paraît d'autant plus fondée, que l'on peut remplacer, dans la cémentation, le charbon par le graphite ou même par la fonte grise, et que le fer ductile ainsi que l'acier qui contient peu de carbone exigent un très-haut degré de chaleur pour entrer en fusion, et demandent par conséquent beaucoup de temps pour se figer: de sorte que toutes les conditions se trouvent réunies pour que le graphite qui enveloppe les particules de fer en soit absorbé pendant que la matière est encore à la chaleur blanche. A mesure que la dose de carbone augmente, la formation du polycarbure devient plus difficile, puisque la masse se refroidit plus vite, et que le graphite mêlé au fer se trouve enveloppé par une moindre quantité de métal.

Lorsqu'il s'est formé du graphite, on peut être assuré que la matière a été parfaitement liquide : c'est par cette raison que le fer carboné, dur et aigre, chauffé au-dessous du point de fusion et refroidi lentement, ne donne jamais de graphite; mais il s'y forme toujours du polycarbure, interposé entre ses molécules. La cause qui produit ces effets est la même que dans la cémentation du fer, avec la seule différence que, pendant cette opération, le carbone qui doit former le polycarbure arrive du dehors, et que, pendant le grillage, ce carbone est fourni par le métal. Il faudrait trouver le moyen de séparer le carbure de fer sans en altérer la composition, avant de décider que tous les carbures renfermés dans les diverses espèces de fers mous sont composés d'une manière identique.

L'expérience journalière nous prouve qu'une trop forte dose de carbone dans le fer détruit

la malléabilité dans les températures élevées; si le mode de combinaison entre ces deux corps était le même à la chaleur incandescente et à la température ordinaire, on ne verrait pas pourquoi la fonte grise chauffée perd une partie de sa malléabilité, et même pourquoi elle n'en acquerrait pas à un plus haut degré; cette simple observation suffirait déjà pour faire juger du mode de combinaison des deux substances à la chaleur incandescente. La combinaison doit être générale lorsque le fer est à l'état liquide ; ce sont l'intensité de la chaleur, la quantité de carbone, la durée de la congélation et du refroidissement, qui déterminent les propriétés du métal que l'on obtient alors : au reste, la quantité de carbone peut être la même dans le fer mou et dans le fer dur qui a donné naissance au premier.

S'il y a des proportions constantes, on ne doit les chercher que dans les fontes obtenues de la fusion des minerais; la gueuse grise contient soit du carbone libre, soit du carbone combiné, et par conséquent aussi les composés qui en dérivent. La formation de ceux-ci dépend du degré de chaleur qui régnait dans le haut-fourneau et de diverses circonstances de la congélation et du refroidissement. On ne saurait donc encore trouver ici les proportions constantes dont il s'agit; mais on peut espérer de les rencontrer dans la fonte blanche obtenue d'un fourneau dont la marche n'était pas irrégulière, et qui donnait, en vertu d'une juste proportion des minerais, des scories d'une couleur peu foncée. On sait qu'une telle fonte ne saurait être obtenue d'un fourneau à coke sans beaucoup de difficulté, et

qu'on ne peut l'obtenir continuellement dans les fourneaux chauffés au charbon de bois qu'en y traitant des minerais très-fusibles. La fonte blanche, offrant de grandes lames qui annoncent une structure cristalline, fonte que l'on retire dans un état parfait du fer spathique, paraît être la seule espèce de fer cru dans laquelle on puisse trouver des proportions déterminées.

Nous avons vu précédemment que l'analyse du fer carboné, faite en employant les acides, est d'autant plus difficile que ce fer contient plus de carbone à l'état de combinaison. On parvient à des résultats plus certains en traitant le métal par le chlorure d'argent, auquel on ajoute une assez grande quantité d'eau distillée et quelques gouttes d'acide muriatique. On doit opérer en vaisseaux clos; mais quelque soin que l'on prenne, on ne peut éviter entièrement que le résidu charbonneux n'éprouve une altération, qui est démontrée par la nature du gaz qui se dégage, et sur-tout par l'aspect du charbon, qui a perdu son éclat métallique, et qui brûle avec une grande facilité à la chaleur rouge.

L'acier non trempé et le fer ductile donnent, par ce procédé, un charbon noirâtre, non magnétique, ainsi qu'une substance graphiteuse parfaitement semblable à celle que l'on obtient en traitant ces métaux par les acides; mais elle finit par se changer en charbon brun noirâtre; de sorte que l'emploi du chlorure ne présente pas non plus un moyen certain d'obtenir le carbure de fer exempt de toute altération : on retire néanmoins cette substance de diverses espèces de fer, en plus grande quantité et peut-être aussi plus pure, à l'aide de ce réactif, qu'en employant

les acides ; mais il est difficile d'arrêter la décomposition au point convenable.

La fonte blanche et l'acier trempé ne laissent que du charbon brun noirâtre ; la décomposition est extrêmement lente, parce qu'il se forme une enveloppe de charbon qui préserve l'intérieur du métal : c'est pour cela qu'il est préférable de convertir la majeure partie du charbon combiné en carbone libre, en changeant la nature de cette fonte, et de la rendre grise par une seconde fusion, opérée dans un creuset d'argile hermétiquement fermé, pour la décomposer ensuite par le chlorure d'argent. Le résidu séché après lavage, à la chaleur de l'ébullition, contient presque toujours du fer et de la silice : il faut donc, après avoir pesé, le calciner dans un creuset de graphite, jusqu'à ce qu'il ne change plus de couleur, et qu'il cesse d'être attirable à l'aimant ; on le pèse ensuite de nouveau, et l'on enlève l'oxide de fer par l'acide muriatique. On détermine le poids de cet oxide par différence, en constatant celui de la silice, qui demeure sans être attaquée ; on doit compter cette silice comme un oxide, parce qu'il est indispensable d'admettre que le silicium, qui pouvait être contenu dans le fer, a été parfaitement oxidé pendant l'opération.

En faisant l'analyse de la fonte grise, on doit se proposer de déterminer la proportion du carbone libre et celle du carbone combiné qu'elle contient ; mais, pour cela, il faut faire deux opérations séparées. Par l'une, on détermine toute la quantité de carbone en brûlant le résidu total ; par l'autre, qui consiste à traiter une

nouvelle portion du métal par l'acide nitrique, auquel on ajoute un peu d'acide muriatique, on obtient un résidu qui contient le charbon combiné, et que l'on sépare à l'aide de la potasse caustique. En brûlant ce qui est resté, on apprécie la quantité de charbon non combinée, et ensuite, par différence, on en conclut la proportion du charbon qui était combiné.

La fonte blanche la plus lamelleuse, tirée des forges de Müsen, dans la principauté de Siegen, a laissé, après sa décomposition et malgré tous les soins apportés dans le choix des morceaux, encore 0,002 de graphite : il est extrêmement difficile de se procurer de la fonte blanche qui soit entièrement exempte de cette substance, à moins qu'on ne la retire d'un fourneau dont l'allure soit complétement dérangée; mais une telle fonte, ayant déjà subi une première décomposition, a perdu une partie de son carbone, de sorte que la proportion de ses élémens ne peut être regardée comme constante. Du reste, ici, la petite quantité de carbone libre contenue dans le régule ne peut occasionner d'erreur sensible. La décomposition de la fonte blanche lamelleuse dont nous avons parlé, effectuée par le chlorure d'argent, était extrêmement lente, et le charbon se trouvait tellement disséminé parmi les feuilles d'argent, qu'il était difficile de le recueillir; son poids variait entre 0,045 et 0,05. Chaque expérience a été faite avec 12 ou 15 grains de fonte et 80 à 90 grains de chlorure; la décomposition n'était ordinairement achevée qu'au bout de dix ou douze jours.

Pour diminuer les difficultés que l'on éprouve à recueillir le charbon en poussière, et qui se

trouve dans un grand état de ténuité, nous avons changé la fonte blanche lamelleuse en fonte grise : une portion a été refondue dans un creuset d'argile bien fermé, et refroidie lentement ; une autre a été liquéfiée dans un creuset de graphite ; enfin une troisième a été fondue dans un creuset rempli de noir de fumée. La fonte liquide obtenue dans ces trois creusets a été refroidie très-lentement ; cependant les culots différaient par l'aspect de leur cassure. Le régule obtenu dans le creuset d'argile était plutôt gris foncé que noirâtre ; sa texture était plus fine et il résistait mieux à la lime que celui fondu dans le creuset de graphite, qui lui-même était plus dur que le culot formé dans le noir de fumée. La quantité de carbone combiné contenue dans ces trois culots a été déterminée par le chlorure d'argent, et la quantité de carbone libre par la dissolution de la fonte dans l'eau régale.

Cent parties de fonte lamelleuse ont donné les résultats suivans :

	Carbone combiné.	Carbone libre.	Total du carbone.
Régule fondu dans le noir de fumée..........	0,60	4,62	5,22
Id. dans le creuset de graphite..........	0,81	4,29	5,10
Id. dans le creuset d'argile...........	1,00	4,05	5,05

La différence assez notable qui se trouve entre

les rapports des quantités de charbon combinées et non combinées avec le fer est probablement une suite de la plus ou moins grande lenteur du refroidissement. Le culot sorti du noir de fumée paraissait contenir le carbone combiné à l'état de polycarbure, tandis que le régule du creuset d'argile semblait renfermer encore une partie de fer dur ou de fonte blanche. On peut admettre, du reste, que les trois régules contiennent la même quantité de carbone, parce qu'on peut négliger, sans erreur sensible, la petite différence qu'elle peut présenter, et ce carbone renfermé dans la fonte blanche *s'y trouve combiné avec toute la masse du fer*. Ces essais nous conduisent à ce résultat remarquable, que la fonte blanche lamelleuse contient le *maximum* de carbone que le fer puisse absorber à l'état liquide, et qu'elle constitue un composé qui, d'après le système de M. Berzelius, serait formé de deux atomes de fer unis à un atome de carbone, ou 94,7 parties de métal avec 5,3 parties de combustible. La fonte blanche lamelleuse est donc un véritable sous-carbure, qui peut être désigné par la formule Fe^2C. Une molécule de carbone se combine donc avec deux molécules de fer, comme elle se combine avec deux molécules de soufre ou d'hydrogène.

Voyons maintenant quelle est la composition de la fonte grise, regardée depuis long-temps par tous les métallurgistes comme le fer le plus carboné.

On ne peut s'attendre, d'après les résultats que nous venons d'indiquer, à y trouver une plus grande quantité de carbone que dans la fonte blanche. Il paraîtrait assez raisonnable de supposer qu'elle contient le carbone dans un

autre état de combinaison ; mais cette supposition même ne se trouve pas confirmée par l'analyse, ainsi que le montrent plusieurs expériences faites sur la fonte grise, obtenue soit dans les fourneaux à charbon végétal, soit dans des fourneaux à coke (1).

Cent parties de fonte grise, soumises à l'analyse, nous ont donné les résultats suivans :

	Carbone combiné.	Carbone libre.	Total du carbone.
Fonte grise tirée des forges de Sayner, près de Coblentz, d'un fourneau à charbon de bois, et provenant d'oxides bruns.. . .	0,89	3,71	4,60
Fonte grise tirée des forges de Widderstein (Siegen), d'un fourneau au charbon de bois, alimenté par un mélange d'oxides bruns et fer spathique.	1,03	3,62	4,65
Fonte grise provenant des forges de Malapane (Haute-Silésie), d'un fourneau à charbon de bois.	0,75	3,15	3,90
Fonte grise des forges dites Kœnigshutte, d'un fourneau au coke, alimenté par des minerais ocreux et oxides bruns. . .	0,58	2,57	3,15
Fonte grise provenant du même fourneau lorsqu'il y régnait une moindre chaleur.	0,95	2,70	3,65

(1) Il me semble qu'il est pleinement confirmé par l'analyse que la différence qui existe entre les deux espèces de fonte doit être attribuée à la manière dont elles contiennent le carbone, puisque la majeure partie de cette substance

Ces diverses espèces de fer cru étaient toutes d'une couleur très-foncée, très-douces, très-malléables à la température ordinaire, et douées de l'état métallique le plus beau ; elles paraissaient contenir le carbone à l'état de polycarbure.

Il résulte des analyses précédentes que la fonte grise, ne présentant pas des proportions constantes pour ses élémens, contient moins de carbone que la fonte blanche, ce qui est directement opposé à l'opinion jusqu'à présent le plus généralement répandue ; de plus, la quantité de carbone retenue par le fer paraît diminuer à mesure que la température des hauts-fourneaux s'élève : c'est pour cette raison que la fonte très-grise provenant des fourneaux à coke contient le moins de carbone.

La fonte grise, qu'on obtient quelquefois dans les caisses de cémentation soumises à un trop haut degré de chaleur, donne 2,62 pour 100 de carbone libre et 0,68 pour 100 de carbone combiné ; ce qui fait, en somme, à-peu-près la même quantité qu'on trouve dans la fonte grise provenant des fourneaux à coke ; mais il paraît que ces proportions ne sont pas constantes, et que cette dose de carbone est d'autant plus grande que les caisses sont pénétrées d'une plus intense chaleur, et que le fer liquide séjourne plus longtemps dans la poussière de charbon.

D'après la nature de la composition des deux espèces de fonte que nous venons d'examiner, on

---

renfermé dans la fonte grise s'y trouve à l'état de graphite et de mélange, ce qui n'a pas lieu pour la fonte blanche.

(*Note du traducteur.*)

peut se faire une idée de celle de la fonte *mêlée* qu'on obtient tantôt à dessein, tantôt accidentellement. Ce régule se rapproche de la fonte grise ou de la blanche, selon le degré de chaleur qui en a déterminé la formation. Au reste, il ne peut jamais exister un mélange des deux espèces de fonte, à moins qu'on ne l'ait effectué à dessein en refroidissant la masse subitement. La fonte dite mêlée prend tantôt les propriétés de la fonte grise, tantôt celles de la fonte blanche, selon que l'une ou l'autre des deux combinaisons est prédominante.

La fonte blanche obtenue par un juste dosage de charbon et de minerai, et à une chaleur convenable, se distingue essentiellement de celle qui provient d'un fourneau dont l'allure est très-dérangée. Les floss tendres ou caverneux qu'on tâche d'obtenir en Styrie, dans les usines de Wordernberg, appartiennent à cette espèce de fer cru; ils contiennent 3,25 pour 100 de carbone combiné avec toute la masse du fer; mais ces proportions ne sont pas constantes, elles dépendent entièrement de la marche du fourneau, et diminuent à mesure qu'il se dérange davantage. Il s'ensuit donc que la quantité de carbone contenue dans ce régule va toujours en décroissant depuis les floss lamelleux, les floss durs et les floss caverneux ou tendres, jusqu'à une espèce de fonte aciéreuse, ou même d'acier ferreux, que souvent on est obligé de faire sortir du fourneau en grosses pièces solides. Ce n'est que par suite d'un refroidissement subit que le carbone des floss caverneux est combiné avec toute la masse du fer. Ces floss contiennent, au reste, moins de

carbone que les floss durs, et ceux-ci moins que les floss lamelleux.

Dans la fonte grise, la couleur foncée paraît annoncer une plus grande quantité de carbone; mais la couleur seule n'en est pas un indice certain, puisqu'on trouve des fontes grises noirâtres qui ne contiennent qu'une très-petite dose de ce combustible. Le fer est pour l'ordinaire d'autant plus riche en carbone, que sa couleur est moins mélangée d'une nuance bleuâtre; un grain qui devient plus fin, dont la couleur noire diminue, n'indique pas toujours une augmentation de carbone combiné, ni une diminution de carbone libre.

Il est encore plus difficile de juger par la cassure de la quantité de carbone contenue dans la fonte blanche : celle qui provient du refroidissement subit de la fonte grise, dont la richesse en carbone est très-variable, peut ressembler parfaitement à la fonte blanche lamelleuse; qui contient le *maximum* de carbone. Il est possible que, lorsque la fonte grise, refroidie subitement, devient blanche et lamelleuse, elle forme un mélange d'un fer cru, dont la formule est Fe^2C, et d'une autre fonte blanche, dont la composition est indéfinie; mais il est probable qu'on obtient le plus souvent un composé variable, dont la dose de carbone ne suffit pas pour constituer le fer à l'état de Fe^2C.

La fonte grise se forme dans ce cas seulement où le dosage du minerai, relativement au combustible, est très-petit, ou, pour mieux dire, dans le cas où l'on pourrait augmenter la charge de minerai sans qu'il en résultât aucun inconvénient

pour l'allure du fourneau. C'est d'après ce fait d'expérience, et puisque la fonte grise se change difficilement en fer ductile, que tous les chimistes et tous les métallurgistes l'ont toujours regardée comme la plus riche en carbone : leur opinion était tellement enracinée, qu'ils n'ont jamais pu même soupçonner le contraire. L'espèce de contradiction qui paraît naître de la petite quantité de carbone contenue dans la fonte grise et des conditions qui président à sa formation, et de la difficulté qu'on éprouve à l'affiner, sera très-facile à concilier, et pourra devenir l'objet d'un nouveau mémoire.

Il faut espérer que ces recherches ne seront pas sans utilité pour les maîtres de forges, et qu'elles conduiront bientôt à des améliorations essentielles, réclamées dans la pratique de la métallurgie du fer.

Résumé.

Les conclusions de l'auteur sont :

1°. Que la fonte blanche et l'acier trempé contiennent le carbone combiné avec toute la masse du fer ;

2°. Que la fonte blanche lamelleuse présente une combinaison parfaite du fer avec le carbone, et qu'elle est toujours plus riche en carbone que la grise ;

3°. Que le fer et l'acier non trempé contiennent le carbone à l'état de carbure (*polycarbure*) ;

4°. Que la fonte grise froide contient la majeure partie de son carbone à l'état de graphite et de mélange ; que ce graphite ne renferme point de fer, et qu'il constitue le carbone dans toute sa pureté ;

5°. Que le reste du carbone renfermé dans la fonte grise peut s'y trouver ou combiné avec toute la masse, ou formant un carbure à proportions définies, et qui est dissous ensuite dans le métal, comme il l'est dans le fer ductile et dans l'acier;

6°. Que tous les fers carburés, considérés à l'état liquide, contiennent le carbone dissous dans la masse du métal, sans proportions définies;

7°. Enfin que le graphite se sépare du métal au moment de la congélation, et que les autres carbures de fer, s'il en existe plusieurs, se forment plus tard.

(*Note du traducteur*, empruntée aux pages 193 et 194 du tom. 1er du *Manuel de la Métallurgie du fer*.)

NOTICE

SUR

LES SALINES DE BEX;

Par M. L. ÉLIE DE BEAUMONT, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Bex est situé à l'extrémité méridionale du canton de Vaud, sur les confins du Vallais, à l'entrée de la gorge par laquelle le Rhône entre dans la formation calcaire qui couvre le versant septentrional de la chaîne des Alpes. La vallée qu'il arrose en sortant de cette gorge, et qui comprend le territoire de Bex, est très-fertile, et son aspect riant contraste agréablement avec celui des rochers nus et des sommets couverts de neige qui la dominent. La formation calcaire à laquelle appartiennent les uns et les autres ayant été décrite avec autant d'exactitude que de précision par M. de Charpentier, dans un mémoire inséré, en 1819, dans les *Annales des mines*, il serait peu utile d'en retracer ici les caractères. Je me bornerai à rappeler que, près de Bex, on trouve dans ce calcaire deux couches, courtes et d'une épaisseur considérable, d'anhydrite saccharoïde, qui, près des surfaces exposées à l'air, est transformée en gypse, et qui, en quelques points, est imprégnée de muriate de soude, et contient même de petites masses de sel gemme quelquefois fibreux. Plusieurs sources salées sortent de ces

deux couches de gypse, ou de points voisins de leurs affleuremens, et paraissent devoir leur salure à leur passage sur les parties de la roche qui sont imprégnées de muriate de soude. La température des sources qui ne prennent pas naissance trop près de la surface, et qui ne reçoivent pas d'eaux douces, est sensiblement constante pour chaque source (1). Ces températures constantes sont de 10 à 12°, Réaumur : le volume des sources un peu abondantes est sensiblement constant pendant toute l'année, aussi bien que leur salure; mais ce volume diminue un peu d'année en année. Les sources peu abondantes sont affectées par la variation de la pression atmosphérique; leur volume augmente quand le baromètre descend, et diminue quand il monte. Plusieurs sources déposent du soufre; toutes déposent du carbonate de chaux, sur-tout celles qui sont faiblement salées. Je ne connais pas d'analyse des eaux salées de Bex; mais la suite de ce travail fera voir qu'elles contiennent principalement du muriate et du sulfate de soude, du sulfate de chaux et du muriate ou du sulfate de magnésie. Les sels magnésiens paraissent être en plus petite proportion qu'ils ne le sont dans la plupart des eaux salées. Celles-ci contiennent aussi du carbonate de chaux, qu'elles déposent dans les tuyaux de conduite; les eaux faibles, sur-tout, en contiennent une grande quantité.

Jusqu'au quinzième siècle, ces sources n'ont

(1) Ces renseignemens m'ont été communiqués par M. *de Charpentier*, à l'extrême complaisance duquel je dois la plupart des données précises que renferme cette notice.

été connues que des paysans du voisinage, qui en employaient les eaux pour leurs usages domestiques. A cette époque, elles commencèrent à être exploitées par quelques familles du pays. Depuis, elles ont été achetées par les bourgeois de Berne, auxquels elles ont appartenu jusqu'au moment où le pays de Vaud a formé un canton indépendant. Elles sont exploitées, en ce moment, au moyen de deux salines, celle *des Devens* et celle *du Bexvieux*, toutes deux situées près de Bex. Chacune d'elles contient un bâtiment de graduation et un système de chaudières pour la cuite des eaux. Il y avait autrefois à Panex un bâtiment de graduation, qui alimentait une chaudière située à Aigle. Cette saline n'existe plus. Les eaux qu'on y traitait sont amenées au bâtiment de graduation des Devens par des tuyaux de conduite.

Les salines produisent annuellement environ 14,000 quintaux, poids de marc, de muriate de soude (1), ce qui fait près de la moitié de la consommation du canton de Vaud. Le sel se vend, aux salines, 18 fr. 75 cent. le quintal : d'après cela, le produit brut des salines est de 262,500 francs. Si l'on en déduit la somme de 75,000 francs, à laquelle se montent à-peu-près les dépenses des mines, de la fabrication, des salaires des employés, etc., il restera, pour le produit net, 187,500 francs. Cet établissement est donc d'une assez grande importance pour le canton de Vaud, auquel il appartient. Il est dirigé, sous la sur-

(1) Ce produit a beaucoup augmenté depuis la fin de 1823, par suite des travaux de recherche décrits dans la suite de cette notice.

veillance d'une commission nommée par son gouvernement, par deux directeurs, dont l'un, M. *de Charpentier*, est chargé de recueillir les eaux salées et de les conduire jusqu'aux usines, et l'autre, M. *Favre*, de graduer celles qui ne contiennent pas 17 pour 100 de matières salines, et de cuire les unes et les autres.

Cette notice sera divisée en deux parties, dont la première traitera de la manière de recueillir les eaux et de les conduire aux usines; et l'autre, de la manière de les graduer et de les cuire.

Première partie.

Pour obtenir les eaux des sources à un degré de salure aussi voisin que possible de celui qu'elles acquièrent en passant sur les masses salifères, on a ouvert dans la montagne, et principalement dans la couche supérieure de gypse, un grand nombre de galeries et plusieurs puits. Ces travaux présentent un aspect imposant, à cause de la solidité de l'anhydrite, qui permet de donner aux excavations, même lorsqu'on les creuse à la poudre, des parois assez unies, et qui fait que ces parois, aussi bien que les plafonds, se soutiennent, sans le secours d'aucun boisage, dans les parties qui traversent cette roche. Soit qu'on ait à traverser cette roche ou le calcaire argileux qui alterne avec elle, les percemens présentent peu de difficultés, et s'exécutent généralement à la poudre. Les eaux sont peu abondantes, et n'apportent pas de grands obstacles; mais on est exposé à un genre d'accident auquel on n'est pas porté à s'attendre dans un terrain pareil, c'est à des dégagemens de gaz hydrogène.

Ce gaz s'échappe quelquefois des fentes du rocher en assez grande abondance et dans une assez grande pureté pour prendre feu à l'approche d'une lampe, et produire, pendant un temps considérable, un jet de flamme.

Le roulage des déblais s'exécute avec des chiens à clou ou à bobine. Les ouvriers travaillent par postes de 8 heures; lorsque les travaux pressent, on travaille jour et nuit. Les galeries ont en général un mètre de largeur, et $1^{m},70$ au moins de hauteur.

Les travaux souterrains, exécutés pour la recherche des eaux salées, constituent cinq mines distinctes.

(A) La mine de Salin, près du village de Panex, présente une galerie, au moyen de laquelle on isole une source, qu'on amène à la saline des Devens, où elle est graduée, par une conduite de plus d'une lieue. Cette mine est ouverte dans la couche inférieure de gypse.

(B) La mine des Vauds, située à environ $\frac{3}{4}$ de lieue au nord, et à 6 ou 700 pieds (1) au-dessus de la mine du Fondement, dont je parlerai bientôt, près du village de Chessières. Elle consiste en une galerie de 6,050 pieds de longueur, percée à-peu-près dans la direction sud-nord, quelques petites galeries latérales, et un puits qui communiquait au jour, mais qui maintenant est éboulé. Tous ces travaux se trouvent dans la couche supérieure de gypse; ils ont été exécutés dans le vain espoir de trouver la masse de sel à

(1) Ce sont des pieds de Berne : le pied de Berne est au pied de roi de France : : 133 : 144.

laquelle on attribuait la salure des sources du Fondement. On n'a trouvé que quelques couches d'argile salifères, qu'on a dessalées en laissant séjourner de l'eau douce dans les travaux : les eaux salées obtenues par ce moyen ont été conduites au bâtiment de graduation du Bexvieux.

(C) La mine entre deux Griones. C'est une petite galerie au moyen de laquelle on isole une source qui est conduite et graduée au Bexvieux.

(D) La mine du Fondement est celle qui donne issue au plus grand nombre de sources. Elle consiste en un certain nombre de galeries ouvertes à différens niveaux et en plusieurs puits. Il serait fastidieux et inutile de décrire la disposition de ces travaux, qui a été réglée d'après la disposition fortuite des sources salées, vers la naissance desquelles on remontait. Cette mine présentant plusieurs ouvertures à des niveaux différens, l'airage s'y établit aisément malgré la longueur des ouvrages. Les eaux douces, peu abondantes, s'écoulent avec facilité.

On a remarqué, depuis un grand nombre d'années, que les sources de la mine du Fondement ne sortent pas indifféremment de points quelconques de la couche d'anhydrite, mais paraissent venir d'une portion de cette couche assez restreinte dans ses dimensions horizontales, et qu'on suppose avoir une étendue considérable dans le sens de la profondeur. Cette supposition est basée sur des données assez concluantes, et particulièrement sur la richesse de plus en plus grande des sources qu'on a obtenues, à mesure que les travaux du Fondement ont percé la masse salifère à des niveaux plus bas. Elle conduit à

penser que s'il ne sort de cette masse aucune source salée au-dessous de la mine du Fondement, cela tient à ce que les eaux n'ont pas la liberté d'y circuler, et qu'on provoquerait la naissance de sources très-riches en y perçant des galeries à un niveau inférieur. C'est cette idée qui a fait entreprendre les travaux que je vais décrire, et dont le commencement remonte au 26 avril 1716.

L'essentiel était d'avoir une galerie d'écoulement au niveau le plus bas possible. On a donc commencé par ouvrir une galerie à environ 500 pieds de Berne, au-dessous des travaux du Fondement, en la dirigeant de manière à ce qu'elle allât passer verticalement au-dessous. En même temps on ouvrait dans ces travaux un puits incliné en forme d'escalier, qui devait les mettre en communication avec la galerie inférieure. Les déblais produits dans le creusement de l'escalier étaient enlevés à dos d'hommes dans des hottes. Tous ces travaux s'exécutaient sans le secours de la poudre, dont l'usage n'est introduit dans ces mines que depuis environ quarante ans. Ils ont été abandonnés en 1733. La galerie n'était alors avancée que jusqu'à 600 pieds, et le puits incliné n'était pas encore entièrement creusé. On les a repris, en 1811, pour y appliquer tous les moyens que fournit aujourd'hui l'art des mines. On a attaqué l'ouvrage en trois points : 1°. on a continué la galerie inférieure ouverte, à partir du jour; 2°. au moyen d'un puits et d'un bout de galerie, on a placé des ouvriers dans le prolongement de la première, et ils ont travaillé, d'une part, à aller à sa rencontre, et, de l'autre, à s'a-

vancer dans le sens opposé vers le pied de l'escalier du Fondement : cette seconde portion de galerie a déjà rejoint la première, et au mois de juillet 1822 on ne travaillait plus qu'à la prolonger vers l'escalier du Fondement. L'air était porté aux ouvriers par un canal de bois qui venait du puits par lequel on avait commencé le percement auxiliaire : la longueur totale de la galerie inférieure était déjà, à partir du jour, de près de 4,000 pieds; 3°. dans la mine du Fondement, au lieu de continuer l'escalier, trop incommode pour le transport d'une grande quantité de déblais, on a approfondi le puits déjà ouvert jusqu'à 70 pieds au-dessous de la galerie d'écoulement de cette mine, pour recueillir la source de Providence, et on l'a poussé jusqu'au niveau de la galerie inférieure, qui est à 484 pieds plus bas. Ce puits est taillé dans le gypse anhydre, et se soutient sans boisage; il se compose de deux parties qui ne sont pas placées verticalement l'une au-dessus de l'autre : la supérieure a 208 pieds, et l'inférieure 276; chacune d'elles est divisée par une cloison en deux parties, dont l'une contient les échelles, et l'autre sert au passage des bennes, et contient des pompes, dans sa partie supérieure, pour le service d'une source salée. Dans la partie supérieure du puits, les bennes qui servent à l'extraction des déblais sont mues par un treuil horizontal; dans la partie inférieure, qui exigerait un treuil horizontal trop long, on emploie un treuil vertical et deux molettes : ces treuils sont mus à bras d'hommes. A partir du fond du puits, on a dirigé une galerie à la rencontre de celle qui part du jour, et on ne tardera pas à la join-

dre (1). Cette galerie a passé près de l'extrémité de l'escalier commencé par les anciens, et en prolongeant un peu ce dernier, on l'a mis en communication avec elle; ce qui a fourni un moyen d'airage facile et a procuré aux ouvriers une descente plus commode que les échelles. Avant que cette communication fût établie, on était obligé de porter l'air au fond des travaux, au moyen de tuyaux, dans lesquels il était poussé par une trompe placée près de la partie supérieure du puits de Providence. L'eau était amenée du dehors à cette trompe par un puits, et s'échappait par la galerie d'écoulement du Fondement : elle est devenue inutile depuis l'achèvement de l'escalier. Une petite quantité d'eau salée très-riche, puisqu'elle contient 0,27 de substances salines, filtre dans la galerie inférieure du Fondement, et est reçue dans un puisart. Lorsque ce puisart est plein, on la porte, au moyen d'un tonneau établi sur un chien, au bas du puits, par lequel on l'élève au moyen des bennes. La longueur totale de cette galerie d'écoulement inférieure, depuis son entrée jusqu'au fond du puits de Providence, sera d'environ 6300 pieds.

Le puits reçoit, à 88 pieds au-dessous de son orifice supérieur, la source de Providence, la plus ancienne du Fondement. Cette source sortait autrefois, au jour, à 400 pieds au-dessus de cet orifice et de la galerie d'écoulement du Fondement ; on l'a poursuivie par une suite de travaux qui, aujourd'hui, sont en partie éboulés jusqu'à 488 pieds au-dessous de son ancienne issue. On ne

(1) La jonction a été opérée depuis que cette notice est écrite.

peut la recueillir en ce moment qu'en l'élevant jusqu'au niveau de la galerie d'écoulement du Fondement : cette opération s'exécute au moyen de trois pompes aspirantes, placées l'une au-dessus de l'autre dans le puits ; dans chacune d'elles, la distance de la soupape à l'extrémité inférieure du tuyau d'aspiration est de 24 pieds, et la distance de la soupape au versoir, ou entrée supérieure de la pompe, est de 8 pieds. Ces pompes sont mises en mouvement par une roue à augets, de 38 pieds de diamètre, placée dans l'intérieur de la mine, dans une cavité creusée exprès dans le gypse. L'eau y est amenée du dehors par un puits, et s'en va par la galerie d'écoulement. C'est cette même chute qui faisait jouer la trompe dont j'ai parlé. A 600 pieds environ en arrière du puits de Providence, entre ce puits et la partie de la mine où sourdent le plus de sources salées, on a ouvert un puits auxiliaire de même profondeur et au même niveau que la partie supérieure dudit puits. On s'occupe à mettre le bas du puits auxiliaire en communication avec le point dugrand puits, auquel il est interrompu par une galerie horizontale. A partir d'un certain point du puits auxiliaire, on doit pousser une galerie vers la masse salifère ; on espère que cette galerie donnera naissance à une source abondante et très-salée, qui, même dans le cas où elle ferait diminuer les autres, augmentera la richesse de l'établissement (1). Cette source, après quelque temps, pourra s'affaiblir comme ont fait plusieurs de celles qui coulent encore : alors on ouvrira une nouvelle galerie à partir d'un point du

(1) Cette espérance a été réalisée à la fin de 1823.

puits placé à 20 pieds au-dessous du premier auxiliaire ; on continuera ainsi jusqu'à ce qu'on soit arrivé au bas du puits auxiliaire : alors on ouvrira un second puits auxiliaire correspondant à la partie inférieure du grand puits, etc.

(E) La grande galerie inférieure creusée à partir du jour, et qui porte le nom de galerie du Bouillet, formait la dernière des cinq mines dont j'ai indiqué l'existence (1). En la perçant, on a fait jaillir une petite source salée. Elle se trouve liée à quelques autres travaux. A peu de distance de son entrée, près du point où elle atteint le toit de la couche inférieure de gypse dans laquelle elle commence, on a ouvert autrefois un puits de recherche rectangulaire et vertical. Ce puits, qui a 800 pieds de profondeur, et descend au-dessous du niveau du lac de Genève, est creusé en entier dans le gypse anhydre, et se soutient sans boisage. Il n'a atteint ni masse de sel gemme ni sources salées, mais il traverse du gypse salé, duquel suinte un peu d'eau, qui contient 0,20 de substances salines. Elle se rassemble au fond du puits, d'où on l'extrait, tous les trois ans, avec des seaux mus par un treuil à bras, pour la conduire à l'usine. Quand la galerie du Bouillet sera terminée, on pourra y laisser séjourner de l'eau douce pour dessaler les roches qu'elle traverse, et conduire aux salines l'eau salée ainsi obtenue.

Pour ne pas être réduit à perdre l'eau des sources lorsque le bâtiment de graduation, les chaudières ou les conduites sont en réparation,

(1) Elle n'est maintenant qu'une dépendance de la mine du Fondement.

on a creusé dans le gypse plusieurs réservoirs, dans lesquels on peut les recevoir pendant plusieurs jours de suite. Près de l'entrée de la galerie du Bouillet, on a ouvert un réservoir de cette espèce, dont la section horizontale a 7963 pieds carrés, de Berne, et dans lequel l'eau peut s'élever à 10 pieds. Les parois se soutiennent sans boisage, ainsi que le toit, qui est taillé en voûtes, et repose seulement sur quelques piliers ménagés dans la masse. On a étendu sur la surface des parois et des piliers une couche de bitume, pour empêcher qu'ils ne soient rongés par les eaux, ce qui ferait varier la section horizontale du bassin, section qu'il est nécessaire de connaître pour jauger l'eau qui y entre et qui en sort journellement. On reçoit dans ce réservoir les sources de la mine du Fondement qui sont assez fortes pour être cuites immédiatement, et on en tire journellement une partie de l'eau que consomme la saline des Devens. On a creusé deux réservoirs semblables dans la mine du Fondement; l'un a 5,000 pieds de surface, l'autre en a 2,000.

L'eau de chaque source salée est reçue, au sortir du rocher, dans une petite auge, de laquelle elle s'écoule par un tuyau qui la laisse tomber dans une autre auge, d'où elle passe dans d'autres tuyaux. C'est à cette première chute qu'on la mesure. On a, pour cet objet, des seilles, qui portent une division, dont chaque partie correspond à $\frac{1}{10}$ de pied cube, et une montre dont l'aiguille fait le tour du cadran en 6 secondes. Le nombre des dixièmes remplis pendant cet intervalle est égal au nombre des pieds cubes qui s'écoulent en une minute; on peut aisément, d'après cela, cal-

culer le produit diurne de la source. Les tuyaux de conduite sont en bois de mélèze et forés comme des tuyaux de pompe. Leur diamètre intérieur est de 2 pouces $\frac{1}{2}$; leur diamètre extérieur varie aussi bien, que leur longueur, avec les dimensions de l'arbre employé à les faire. L'une des extrémités de chaque tuyau est taillée en cône tronqué, pour entrer dans le tuyau suivant, creusé lui-même pour la recevoir. L'extrémité de celui-ci est fortifiée par un cercle de fer, qui l'embrasse, ou qui est chassé dans son épaisseur. La suite des tuyaux est interrompue de temps en temps. La portion supérieure de la conduite verse ses eaux dans une auge, au fond de laquelle commence la partie inférieure. Cette auge, qui se ferme à clef, avec une porte à charnière horizontale, s'appelle un *bouillet*. On peut mesurer, comme il a été dit, l'eau qui y passe journellement, et en en comparant la quantité avec la quantité de celle qui passe aux bouillets inférieur et supérieur, voir si la conduite est en bon état, ou trouver quelles sont les portions qui perdent.

On n'emploie pas l'aréomètre aux salines de Bex. On évalue la richesse de l'eau salée en indiquant la quantité de substance saline contenue dans 100 parties; et pour la connaître, on pèse un flacon rempli de cette eau et dont on connaît le poids vide et rempli d'eau distillée, et on compare ce poids à une table construite par l'expérience. Cela n'est rigoureusement exact qu'autant que les divers sels sont toujours dans la proportion relative employée pour construire la table.

Voici le tableau des produits des diverses sources salées, pendant l'année 1821 :

NOMS des MINES.	NOMS des SOURCES (1).	Poids des sels contenus dans 100 d'eau salée.	Nombre des pieds cubes produits en 1821.	Nombre des quintaux de sels contenus dans cette eau.
Mine de Panex.. . . .	Source de Panex (*b*). .	0,9	232349	1047,93
Mine des Vauds. . . .	Produit du dessalement des parois.	»	»	»
Mine entre 2 Griones.	Sourc. des Griones (*c*).	1,4	35232	258,79
Mine du Fondement. . .	S. de Providence (*c*) .	2,0	80238	769,3
	Source soufrée (*c*). . .	0,9	26242	120,69
	S. d'Espérance (*c*). . .	1,4	1751	12,57
	Source de Bon-Succès, n. 1 (*a*).	25,4	9429,4	1453,07
	Idem, n. 2 (*a*).	23,4	49497,6	6981,16
	Puits d'Espérance (*a*).	20,0	12998	1524,23
	Puits d'Augure, n. 1 (*a*).	25,3	107	16,53
	Idem, n. 2 (*a*).	25,3	873	135,38
	Source principale (*a*).	17,3	183	18,30
	Source d'Enrosse (*a*).	17,3	337	33,77
	S. de la galer. d'air (*a*).	5,0	153	3,60
	S. de Bon-Espoir (*a*). .	6,3	816	27,01
	Source de la contre-galerie (*a*).	27,5	1647,9	278,37
Mine du Bouillet . . .	Puits du Bouillet (*a*). .	20,0	3275	386,45
	S. du Bouillet, n. 2 (*c*).	1,4	82984	660,71
			TOTAL.	13667,75

(1) Les sources marquées (*a*) sont reçues dans le réservoir du Bouillet, et cuites aux Devens sans être graduées; les sources (*b*) sont graduées aux Devens; celles marquées (*c*) sont graduées au Bexvieux.

Deuxième partie.

Les eaux salées produites par les diverses sources, et recueillies à l'aide des ouvrages dont

j'ai parlé, sont traitées, comme je l'ai dit, dans deux salines, celle des Devens et celle du Bex-vieux, dont chacune contient un bâtiment de graduation et un système de chaudières.

Le bâtiment de graduation de la saline des Devens a été exécuté sur le modèle de plusieurs bâtimens de graduation qui existent en Allemagne: il a environ 350 pieds de Berne, ou 116 mètres de longueur. Les fermes de charpente sont placées de 5 en 5 mètres environ; chaque ferme présente, entre les pièces de charpente nécessaires au soutien du toit, six pièces verticales et quatre tirans inclinés. Il y a deux grandes murailles d'épines, dont chacune a 6 pieds ou 2 mètres d'épaisseur, et 8 mètres ou 25 pieds de haut, et qui sont placées à un peu plus de 3 mètres ou 10 pieds l'une de l'autre. Pour les préserver de la pluie, on a fait avancer le toit, de chaque côté, de 3 à 4 mètres (9 à 12 pieds) au-delà de l'extrémité des épines: cela fait qu'il a de très-grandes dimensions. Afin d'utiliser l'espace qui se trouve dessous, on y a placé une muraille d'épines, semblable aux deux murailles principales, mais qui n'a que $\frac{1}{3}$ de leur hauteur; elle n'a exigé qu'une légère addition à la charpente. On conçoit qu'elle est loin de produire un effet proportionné à celui des murailles inférieures, que le vent frappe sans obstacles: pour l'augmenter le plus possible, on a donné aux auffes ou bourdeaux qui couvrent le toit une position presque horizontale dans la partie qui se trouve à leur hauteur; ce qui permet au vent d'entrer. Les épines ne sont pas serrées aussi fortement que dans les bâtimens de graduation ordinaires; au contraire, de demi-mètre en demi-mètre sont des

traverses horizontales, qui soutiennent celles qui sont au-dessus, et les empêchent de presser sur celles qui se trouvent au-dessous. Cela permet à l'air de circuler plus librement, et fait que les dépôts de gypse lui ferment moins vite le passage. C'est dans le même but qu'on a laissé 10 pieds d'intervalle entre les murailles d'épines: pour empêcher le vent de jeter des gouttes d'eau salée hors du bassin inférieur, on l'a fait excéder de 2 mètres (6 pieds) les extrémités des épines; cela permet de porter l'eau à un degré assez élevé, sans s'exposer à faire des pertes de sel considérables. Il y a aussi un bassin, mais beaucoup moins large, au-dessous de la petite muraille supérieure; au-dessus de chacune des murailles d'épines se trouve un système de canaux et de rigoles, pour distribuer l'eau salée en un très-grand nombre de petits filets. Les deux grandes murailles d'épines sont divisées ainsi que le réservoir inférieur, en deux portions, dont l'une est égale à $\frac{1}{4}$ et l'autre à $\frac{3}{4}$ de la longueur totale du bâtiment.

L'eau est élevée par des pompes que met en jeu une roue à augets; cette roue, qui se meut avec assez de lenteur pour tirer tout le parti possible de l'eau, la reçoit, à sa partie supérieure, par un canal en forme de siphon renversé, qui, après avoir passé sous terre, se relève tout près de la roue; cette roue porte deux manivelles, qui font osciller des tirans horizontaux, portés par des quarts de cercle, à chacun desquels ils sont attachés par deux chaînes composées de plaques de fer réunies par des chevilles de laiton; ceux-ci communiquent le mouvement, à l'aide de varlets, à des tirans verticaux, qui le transmettent à

d'autres tirans horizontaux placés dans le bâtiment, lesquels le transmettent enfin aux pistons des pompes. La construction de ces machines est très-soignée ; elles jouent avec la plus grande régularité et sans le moindre bruit.

L'eau amenée des sources est d'abord graduée, jusqu'à un certain degré, sur la partie la plus longue de l'étage inférieur, puis portée sur l'étage supérieur, et enfin reversée sur la partie la plus courte de l'étage inférieur, sur laquelle on l'amène à contenir 0,17 et même 0,20 de son poids de substances salines. Pendant tout le cours de l'opération, elle dépose du gypse, mais en petite quantité; car les épines qui servent depuis vingt ans à la graduation n'en sont nulle part très-chargées. Toutes les fois que le vent n'est pas parallèle à la longueur du bâtiment, on ne verse l'eau que sur celle des deux murailles inférieures qui le reçoit directement.

Le bâtiment de graduation du Bexvieux a environ 200 mètres de long; mais il est beaucoup plus étroit que celui des Devens. Les murailles d'épines sont construites comme aux Devens, et ont de même 2 mètres d'épaisseur, mais elles se touchent; aussi n'a-t-on pu mettre une muraille d'épines dans le comble ; elles ont à-peu-près 25 pieds de haut. Ce bâtiment est divisé en plusieurs portions, sur chacune desquelles on exécute une portion de la graduation.

Ces deux bâtimens de graduation sont construits dans un vallon resserré entre deux collines assez élevées et placées dans une direction à-peu-près perpendiculaire à la sienne.

Le bâtiment des Devens, dans lequel les murailles d'épines sont éloignées de 10 pieds, pro-

quatre autres, beaucoup plus petites, et placées des deux côtés, sont tout-à-fait accessoires, et ont été établies pour tirer parti de l'air chaud qui sort des foyers des deux grandes. Trois d'entre elles sont employées à faire cristalliser du sel, et la quatrième à faire cristalliser les eaux-mères : les premières sont placées de manière à ce que la poêle de préparation puisse s'y décharger, et la dernière de manière à pouvoir recevoir les eaux-mères qui s'écoulent de la poêle de cristallisation. On a donné au sol des différentes parties de l'usine un niveau tel, que les poêles y soient enterrées jusqu'à leurs bords. Les côtés des deux grands fonds posent de quelques pouces sur des massifs de maçonnerie ; les parties centrales sont soutenues par des piliers placés à environ 6 pieds de distance, et toujours sous un des points où 3 plaques se réunissent : on les faisait en fonte, mais on a découvert dernièrement à Taviglianaz, au pied des Diablerets, une grauwacke verte mouchetée qui résiste assez bien au feu pour servir à cet usage. Les grilles sur lesquelles on brûle le bois pour chauffer les poêles ont 6 pieds de long sur 4 de large, et sont composées de barreaux de fonte à profil triangulaire placés longitudinalement. Elles sont placées à 3 pieds au-dessous du milieu du fond ; au-dessous de chacune d'elles est un cendrier. Les portes des foyers correspondent à leurs petits côtés, et s'ouvrent sous une voûte, qui passe sous les poêles : à partir des côtés latéraux et postérieurs des grilles, le sol des foyers s'élève jusqu'aux bords du fond des poêles, bords qui reposent, comme je l'ai dit, sur un massif de maçonnerie. Autour des parois verticales de chaque

poêle se trouve un canal qui l'isole du sol : ce canal communique avec le dessous de la poêle par plusieurs ouvertures; de ses quatre angles partent des conduits par lesquels s'échappent les produits de la combustion, qu'on fait circuler ensuite sous les quatre petites poêles, et qui s'échappent enfin par quatre cheminées verticales, dont le tirage est réglé par des registres.

On a trouvé avantageux de couvrir les poêles de préparation et de cristallisation. La couverture, qui a la forme de grande caisse renversée, et posée sur les deux poêles, est en planches de sapin bien jointes; il y a des portes pour approcher de la poêle de réparation, et la paroi antérieure peut se lever pour permettre de travailler dans celle de cristallisation. Au-dessus du centre de chacune des deux poêles, on a placé une large cheminée en planches, qui donne issue aux vapeurs.

Une cuite dure sans interruption pendant quatorze ou quinze jours, à moins d'accident. Le travail se divise par période de vingt-quatre heures. Pendant vingt-deux heures environ, on laisse continuellement entrer de l'eau dans la chaudière de préparation, où on la tient à une température voisine de l'ébullition, et on l'amène tout près du point où le sel commence à se déposer; on diminue le feu pendant les deux dernières heures, le schlot se dépose, et on laisse alors passer l'eau clarifiée dans la poêle de cristallisation, où on la maintient aussi à une température peu éloignée de celle de l'ébullition. On retire, tous les jours, le sel de cette poêle avec des râbles, qu'on appuie, pour les manœuvrer, sur des roulettes portées par des potences tour-

nantes. A mesure qu'on retire le sel, on le met sur des tables un peu inclinées, placées au niveau du sol au bord de la chaudière : ces tables sont en tôle, et construites comme la chaudière avec laquelle elles font corps ; l'air chaud circule dessous. Après avoir laissé le sel égoutter et sécher quelque temps, on le porte au magasin. De temps à autre, on retire le schlot de la poêle de préparation. Quand on fait cristalliser des eaux déjà un peu grasses, on voit souvent de petites croûtes se former à la surface de la chaudière de cristallisation : alors on y jette quelques gouttes d'eau, ou une poignée de sel ; ce qui les brise, et les fait tomber au fond. Quand il se forme une voie d'eau en un point du fond d'une chaudière, on y donne un coup de feu pour former en dedans une croûte de substances salines qui la bouche. Lorsque les eaux de la poêle de cristallisation commencent à être trop grasses, ce qui arrive au bout d'environ douze jours, on cesse de faire du feu sous celle de préparation, et d'y amener de l'eau ; on le continue encore pendant deux jours sous la poêle de cristallisation, et lorsque les eaux-mères ont atteint un certain degré de concentration, on les fait passer dans une des petites poêles. Les autres poêles étant vides, on brise les croûtes qui s'étaient attachées à leur surface, et qui ont souvent 2 lignes d'épaisseur, et on les répare, pour commencer une nouvelle période de travail.

Les différentes eaux salées qu'on évapore à Bex ne donnent pas la même quantité d'eaux-mères, celles qui ont été graduées en donnent plus que les autres. On réunit aux eaux-mères celles qui s'écoulent du magasin à sel, ces eaux

sont évaporées à siccité. On n'a jamais évalué la quantité de substances salines qu'elles contiennent. La matière saline obtenue est lavée, en hiver, d'abord à l'eau froide, pour enlever le muriate de soude ; puis, à l'eau chaude, pour enlever le sulfate de soude, qu'on fait cristalliser en exposant la dissolution au froid : ce sel n'est employé que pour la pharmacie et les verreries ; il se vend à très-bas prix, ce qui fait qu'on ne fabrique pas tout ce que les eaux-mères pourraient fournir.

Pendant le mois de mai 1822, qui n'a offert que vingt-trois jours effectifs de cuite, on a reçu à la saline des Devens, 7,565 pieds cubes de Berne d'eau salée, contenant 20,7 pour cent de substances salines. L'eau, à ce degré de salure, contient 12l.,3, poids de marc, de substances salines : d'où il suit qu'on a en reçu 92926l.

On a obtenu 89555l. de sel ; il y a donc eu 3371l. de déchet ; la proportion du déchet est souvent un peu plus forte, et de quatre à cinq pour cent. La fabrication est d'environ 39 quintaux par jour de cuite.

On a brûlé, pour obtenir 100 quintaux de sel, 4 toises de bois de sapin. La toise a 7 pieds 4 pouces de haut, 7 pieds 4 pouces de long et 4 pieds de large, et pèse 30 à 36 quintaux : on a donc brûlé environ 132l. de bois pour obtenir 100l. de sel, ou pour évaporer 394l. d'eau ; ce qui fait une partie de bois pour 2,9 d'eau, résultat très-avantageux. On en obtient de plus avantageux encore quand on cuit des eaux qui n'ont pas eu besoin d'être graduées ; car alors une partie de bois évapore quelquefois 3,5 d'eau.

A la saline de Bexvieux, il y a trois poêles :

une poêle de préparation, qui a 24 pieds de Berne en carré; une poêle de cristallisation, qui a 24 pieds de large sur 28 de long, et une poêle pour les eaux-mères, qui a 24 pieds de long sur 8 à 10 de large : elle est placée entre les précédentes, et est chauffée par les produits perdus de leurs foyers. Le travail est conduit à cette saline comme à celle des Devens : je ne l'ai pas vue en activité.

Le sel fabriqué à Bex est très-estimé dans les pays environnans; il est en plus gros cristaux, et passe pour plus pur que celui des salines du Jura, avec lequel il se trouve en concurrence : on le regarde sur-tout comme très-bon pour la fabrication des fromages; on vient en chercher, pour cet usage, de la Savoie et même du Piémont. Il n'a aucun mélange de saveur amère, à cause de la petite proportion dans laquelle la magnésie se trouve dans les eaux.

MÉMOIRE

Sur la préparation mécanique et sur le traitement métallurgique du minerai de plomb argentifère de Vialas et de Villefort (département de la Lozère);

Par M. J. LEVALLOIS, Ingénieur au Corps royal des Mines (1).

PREMIÈRE PARTIE.

Préparation mécanique. — Établissement de Vialas.

Introduction. — L'ÉTABLISSEMENT où se font les préparations mécaniques du minerai de plomb de Vialas est situé à un kilomètre au sud de ce village, à droite de la rivière de Luech, à la jonction de celle-ci avec le torrent de la Picadière, qui traverse les laveries par la moitié du sud au nord. Il est situé à-peu-près au centre, et à un demi-kilomètre environ des mines qui sont actuellement en exploitation. Il est distant de Villefort, où sont établies les fonderies, de 2 myriamètres, le chemin n'étant facilement praticable que pour les mulets.

Situation de l'établissement et communications.

(1) Ce mémoire fait suite à celui que M. Marrot a publié dans ce Recueil, tome VIII, page 459 et suivantes. Il est destiné à représenter l'état dans lequel se trouvaient les établissemens au mois d'août 1821. Je ferai connaître les principaux changemens qui y ont été introduits depuis lors, d'après la communication officieuse qu'a bien voulu m'en faire le directeur actuel, M. Mosnier-Chapelle.

Etat sommaire de l'établissement. L'établissement se compose d'un bocard à eau, à neuf pilons, partagés en trois batteries, avec une machine dite *de classement*, servant à cribler les grains de minerai, les labyrinthes et les bassins qui en dépendent; de deux hangars pour les lavages, dont l'un (*l'ancienne laverie*) renferme quatre caisses allemandes et seize tables jumelles, et dont l'autre (*la nouvelle laverie*) renferme dix-huit tables jumelles; d'un bocard à sec, à quatre pilons; de l'atelier dit *de la criblerie*, contenant deux tamis et quatre cribles à la cuve.

Historique. L'établissement fut commencé en 1781, époque à laquelle on découvrit les mines de Vialas; mais alors il ne se composait que d'une laverie et d'un bocard à six pilons. C'est en 1786 que le nombre des pilons fut porté à neuf. Plus tard, on construisit la nouvelle laverie.

La machine dite *de classement* a été inventée, en 1787, par M. Maisonneuve père, ancien directeur.

Le bocard à sec ne date que de quinze à seize ans, et, avant cette époque, on était obligé de piler le minerai à la main; ce qui augmentait beaucoup la dépense.

Prise d'eau. La prise d'eau est faite dans le Luech; elle procure une chute de 10 mètres environ. Cette chute est divisée en deux parties : la première, qui est de $2^{m},80$, fait tourner la roue du bocard à sec; sortant de dessous cette roue, une portion de l'eau va alimenter les laveries, et l'autre se rend sur la roue du bocard à eau, d'où elle s'échappe ensuite dans le torrent de la Picadière. Le canal qui amène l'eau au bocard à sec est muni d'un déversoir de superficie, par lequel,

dans les grandes crues, le superflu des eaux se rend directement au bocard à eau sans passer sur la roue du bocard à sec.

Les eaux manquent pendant deux mois d'été; dans l'hiver, les glaces interrompent les travaux durant un mois.

Chapitre 1er. *Description.* — Avant d'entrer dans le détail des diverses opérations de la préparation mécanique, je rappellerai que le minerai sortant de la mine est trié et partagé en deux classes, savoir; le plus disséminé pour le bocard à eau, le plus riche pour la criblerie. Triage dans la mine.

Le minerai a principalement pour gangues du schiste micacé, beaucoup de quarz et de chaux carbonatée, et souvent de la baryte sulfatée. Il est mélangé, en outre, d'une grande quantité de pyrites de fer et d'un peu de blende. Nature des gangues.

§ 1er. *Du bocard à eau et des laveries.* — Le bocard à eau consiste en trois batteries, dont chacune est composée de trois pilons, savoir: le dégrossisseur, l'aide et le pileur de fin. Il est mu par une roue à augets de 5 mètres de diamètre, dont le sommet est à 1m,40 au-dessous de la chute, et dont le point le plus bas est encore de 0m,50 au-dessus du plus haut niveau du torrent, où débouche le canal de fuite; cette roue fait quinze à dix-huit tours par minute, chaque pilon battant trois fois par chaque tour. Bocard à eau; description. Roue à augets.

Les pilons ont 4m,15 de hauteur, y compris l'armure en fonte qui pèse 50 kilogrammes. Les auges dans lesquelles ils battent sont en bo et garnies intérieurement de bandes de fer. Leur sole est faite avec du quarz, que l'on fait battre à sec par les pilons pendant tout un jour; elle

n'a que $0^m,15$ à $0^m,16$ d'épaisseur; elle repose immédiatement sur le roc. Au bout de chaque auge est placé un treillis en fil de fer, dont les carreaux ont $0,^m0034$ de côté: par cette disposition, le minerai ne sort de l'auge qu'après avoir passé successivement sous les trois pilons. Un canal en bois est placé devant les batteries, et entretient de l'eau dans les auges de manière à ce que les pilons ne battent jamais à sec. Les mentonnets sont embrassés par un étrier en fer, dont la semelle a $0,^m012$ d'épaisseur; quand cette semelle est usée d'un côté, on la retourne de l'autre, et elle dure quelquefois trois ans, tandis qu'avant qu'on eût employé ce moyen il fallait renouveler les mentonnets au bout de quelques mois. L'armure des pilons dure cinq à six mois, alors elle est usée aux deux tiers; mais on peut encore l'employer au bocard à sec. Les tiges servent aussi à ce bocard en les retournant.

A la suite du bocard sont disposés la *machine de classement*, où entrent les plus gros sables; deux premières caisses pour recevoir les sables de grosseur moindre; les labyrinthes, où s'arrêtent les sables plus fins encore; et enfin les grands-réservoirs, où se déposent les dernières vases: de là, l'eau s'échappe dans la rivière de Luech par un dégorgeoir de superficie.

Labyrinthes. Les labyrinthes consistent en cinq canaux en bois, longs et étroits, accolés longitudinalement les uns à côté des autres. Des vannes sont disposées convenablement pour faire passer à propos les eaux d'un canal dans l'autre.

Travail. On jette quatre à cinq pleines pelles de minerai sous les pilons dégrossisseurs, de là il est en-

traîné sous les deux autres, et les grains résultant de ce pilage, s'échappant ensuite avec l'eau à travers les grilles, sont reçus dans de petits canaux, qui se réunissent en un seul canal principal. Celui-ci est percé, en travers de son fond, d'une ouverture carrée de $0^{m},08$ de côté, par laquelle les grains les plus pesans entrent dans la *machine de classement;* le surplus, parcourant les deux premières caisses, et de là les labyrinthes et les réservoirs qui sont à la suite, va s'y déposer suivant l'ordre de pesanteur spécifique et de ténuité, puis l'eau surnageante s'échappe dans la rivière.

On obtient ainsi cinq numéros de sables : d'abord ceux des deux premières caisses *a* et *b*, puis deux numéros *c* et *d*, provenant l'un du haut et l'autre du bas des labyrinthes, et enfin un numéro *e* dans les réservoirs.

Le sable *a* est passé aux caisses allemandes; les sables *b*, *c*, *d*, *e*, sont lavés sur les tables jumelles.

Revenons à la machine de classement. J'ai dit qu'une ouverture carrée, de $0^{m},08$ de côté, était pratiquée en travers du fond du canal, et qu'elle recevait les sables les plus gros sortant des auges du bocard : ces sables entrent par là dans une trémie, dont le fond incliné est percé de deux trous situés au-dessus d'un tamis en fil de laiton, disposé à pente inverse, et dont les carreaux ont $0,^{m}0023$ de côté. Les sables, coulant avec l'eau sur ce fond, tombent par les petites ouvertures sur le tamis, auquel, en même temps, l'arbre du bocard communique un léger mouvement d'oscillation. Par suite de ce mouvement, les plus petits grains, passant à travers la maille, tombent

Machines de classement.

dans une case *f*, tandis que les plus gros, qui ne la traversent pas, sont chassés dans une case *g*. Un troisième compartiment *h* est disposé pour recevoir les grains qui ont pu passer par dessus les trous sans tomber sur le tamis; et à cet effet on a percé un troisième trou au-dessus de ce compartiment.

D'après la disposition de cette machine, on conçoit que toute l'eau venant du bocard s'engouffrerait par l'ouverture de la trémie, si on ne trouvait pas moyen d'en faire arriver en dessous, afin de maintenir le niveau au-dessus de cette ouverture. L'arrivée de cette eau est réglée par une petite vanne.

Les sables *f* et *h* sont passés aux caisses allemandes; le sable *g* est criblé à la cuve, et séparé ainsi en deux portions, dont la plus fine est lavée aux caisses allemandes, et dont l'autre repasse sous les pilons.

Résultats.

On passe, chaque mois, au bocard, travaillant nuit et jour, 1380 quintaux métriques de minerai, qui rendent à-peu-près 138 quintaux de schlich, sur lesquels 34 quintaux environ proviennent des caisses allemandes, et 104 quintaux des tables jumelles.

Le bocard ne marche que neuf mois, en sorte que l'on peut évaluer à 12,500 quintaux ce que l'on y passe annuellement.

On emploie deux ouvriers, un pour le jour, l'autre pour la nuit : ils gagnent 24 francs par mois; partant, le bocardage de 100 quintaux de minerai revient à 3 francs 48 centimes.

Lavage aux caisses allemandes, ou schlem-graben.

Les caisses allemandes, ou *schlem-graben*, ont, sur 4 mètres de longueur, 0,m50 de largeur et 0,m21 de pente; les bords ont 0,m30 de haut.

L'eau arrive par un canal dans un compartiment qui occupe la tête de la caisse, d'où elle retombe ensuite en nappe sur toute la largeur. Au-dessus de ce bassin est une case dans laquelle on charge le sable à laver.

Cette case étant remplie, l'ouvrier donne l'eau. Son travail consiste à agiter avec un râble, en faisant remonter le sable contre le courant, afin de renouveler les surfaces, et de faire en sorte que les parties les plus pauvres soient entraînées et seules entraînées, et que les parties les plus riches se déposent vers le haut. Il répète la même manipulation jusqu'à ce qu'il ait épuisé la matière contenue dans sa case : alors il recharge, et continue jusqu'à ce que la caisse soit remplie, en ayant soin de boucher, l'un après l'autre, les trous qui sont pratiqués à la queue, à mesure que le dépôt s'exhausse. Il partage ensuite, à l'aide d'une pelle, ce dépôt en deux parties égales au milieu de la longueur de la caisse, jette hors la moitié inférieure, et recharge l'autre partie dans la case, pour lui faire subir un autre tour de lavage. Au bout de deux ou trois tours semblables, le minerai est projeté dans une autre caisse, où un autre laveur achève, par un travail pareil, de le purifier ou de le *mettre au net*. On observe que quand le schlich est devenu bien pur, il forme un talus rapide à la tête de la caisse. Travail.

Les portions inférieures des dépôts, qui ont été successivement rejetées de la caisse, sont livrées aux tables jumelles sous le nom de *déchets*.

Les bourbes qui sortent par les trous de la queue abandonnent dans une caisse leurs par-

ties les plus lourdes, qui sont aussi passées aux tables jumelles ; le reste s'en va dans les labyrinthes du bocard.

Résultats.

Il y a trois caisses, servies chacune par un ouvrier. Le raffineur gagne 30 francs par mois; les deux autres gagnent 24 francs.

Les trois ouvriers font dans un mois 33 à 37 quintaux de schlich ; ils lavent à-peu-près tout ce qui leur est fourni par le bocard dans le même temps, de sorte qu'ils chôment avec lui.

Partant, le lavage d'un quintal de schlich aux caisses allemandes coûte 2 francs 23 centimes.

Lavage sur les tables jumelles.

Les tables jumelles ont $5^{m},30$ de longueur sur $0^{m},80$ de largeur; leur pente varie suivant l'espèce de sable qu'on veut laver. A l'extrémité et au bas de la table se trouvent trois compartimens, dans l'un ou l'autre desquels on peut faire arriver à volonté, par un chenal mobile en bois, les produits des lavages. Le premier, c'est la *caisse des relavins*, reçoit les bourbes entraînées par les eaux, et ces eaux elles-mêmes se rendent ensuite dans de grands réservoirs, où elles vont déposer les dernières particules qu'elles tiennent encore en suspension, et d'où elles se déversent dans le Luech. Le deuxième est le canal *des eaux perdues*, qui vont se jeter dans la Picadière; on y fait arriver constamment un filet d'eau pour enlever les sables qui pourraient l'encombrer. Le troisième est le *caisson du schlich*.

Nouvelle laverie.

La nouvelle laverie renferme dix-huit tables. On lave sur les quatre premières les sables *b* du bocard, et sur les autres les *déchets* des caisses allemandes; leur pente est de $0^{m},24$.

La *serveuse* apporte une pleine bachasse de

sable à laver à la tête de la table; la laveuse l'y renverse, et donne son eau. S'armant ensuite d'un râble en bois, elle agite continuellement le sable, en le faisant remonter contre la pente, et il arrive par là que, pendant que les parties riches s'amoncellent au haut, les portions les plus légères sont entraînées au bas de la table, d'où elle les pousse dans la caisse des relavins. Elle continue ainsi jusqu'à ce que la matière soumise au lavage ait été débarrassée de la plus grande quantité des substances étrangères; cette première partie de l'opération est ce qu'on nomme le *dégrossissage* : alors elle diminue son eau, et de plus en plus jusqu'à la fin; et effleurant légèrement, avec un balai disposé en éventail, le dessus du dépôt, elle achève d'enlever les particules de gangue qui sont encore à la surface; puis elle pousse le schlich dans le caisson.

Lavage des relavins.

Les relavins sont repassés sur les mêmes tables plusieurs fois de suite. A la seconde fois, on envoie dans le canal des eaux perdues les bourbes venant du dégrossissage, si ce n'est celles de la fin, qui sont toujours dans la caisse des relavins: celles-ci sont relavées de même indéfiniment. Lorsque les relavins sont très-appauvris, on leur applique la méthode des *doubles lavées*, qui consiste à charger sur la table une seconde bachasse, lorsque la première n'est encore qu'à moitié lavée.

Les bourbes des grands réservoirs sont lavées sur ces mêmes tables durant le chômage du bocard.

Ancienne laverie.

L'ancienne laverie renferme seize tables: on y lave les sables *c*, *d*, *e*, provenant du bocard; la pente n'est que de $0^{m},20$. La manœuvre du la-

vage se fait de même que sur les autres tables; mais comme la matière est beaucoup plus fine, on donne moins d'eau, et au lieu de la renverser sur la table même, on la met dans un bassin triangulaire qui se trouve à la tête; pendant que l'eau arrive dans ce bassin, la laveuse délaie le sable avec une raclette, jusqu'à ce qu'il ait été entièrement expulsé et entraîné sur la table par le courant. Les relavins sont lavés, comme il a été dit tout-à-l'heure.

Résultats. La nouvelle laverie emploie

18 laveuses, à raison de 15 fr. par mois (1), ci.		270	327 fr.
3 serveuses	12	36	
1 manœuvre	21	21	

Le produit, dans un mois, est de 50 quintaux métriques environ quand on lave les déchets des caisses allemandes; il peut aller jusqu'à 83 quand on lave le sable *b* du bocard; enfin il n'est guère que de 24 quand on passe les bourbes des grands réservoirs : de sorte que les frais de lavage pour un quintal de schlich sont les suivans :

	f. c.
Schlich provenant du sable *b* du bocard..	3,94
Idem. des déchets des caisses allemandes.	6,54
Idem.. des bourbes des grands réservoirs.	13,62

L'ancienne laverie emploie

16 laveuses, à raison de 15 francs par mois, ci.		240	285 fr.
2 serveuses	12	24	
1 manœuvre	21	21	

(1) Les filles sont payées sur le pied de 15 francs par mois, mais de telle sorte, que celles qui ont fait le schlich le plus pur et la plus grande quantité ont, en sus de leurs 15 francs, une sorte de *prime* au détriment de celles qui ont

Le produit, dans un mois, est de 37 à 50 quintaux, de sorte que les frais de lavage d'un quintal de schlich reviennent à 6 francs 55 centimes.

La durée d'une lavée (12^{k},5 environ) est telle, qu'on en fait ordinairement seize en douze heures. Quand on lave les bourbes des grands réservoirs, on n'en fait guère que six.

La dépense annuelle, tant au bocard qu'aux laveries, s'élève à 8,856 francs; savoir, Résultats généraux.

Au bocard.	576	8,856 fr.
Aux caisses allemandes	936	
Aux tables jumelles.	7344	

Le produit annuel est de 1250 quintaux métriques de schlich provenant de 12,500 quintaux de minerai.

La préparation mécanique de 100 quintaux de schlich provenant des laveries revient donc, terme moyen, à 708 francs 48 centimes.

§ 2. *Du bocard à sec et de la criblerie.* — Le minerai destiné à la criblerie est trié de nouveau sur une place en avant du bocard à sec, et les parties les moins riches sont encore renvoyées au bocard à eau. Le reste, qui forme toutefois la plus grande portion, est cassé en petites pierres, que l'on divise en deux classes. Les morceaux les plus purs sont mis à part pour être pilés séparément, et former ce qu'on appelle le *n sec;* le surplus est passé au bocard à sec, puis tamisé, et criblé comme on va le voir. Triage.

Le bocard à sec consiste en quatre pilons de Bocard à sec, description.

le plus mal travaillé. C'est le maître bocardier qui essaie le schlich de chaque laveuse, soit à la sébile, soit sur la table même.

quatre mètres de haut, mus par une roue à augets de quatre mètres de diamètre. Les pilons frappent sur des plaques de fonte légèrement inclinées ; en arrière est placée une grille, inclinée dans le même sens, et formée par des baguettes de fer espacées de $0^m,014$. A la partie antérieure est établi un plan, sur lequel on charge le minerai pour le faire glisser sous les pilons. Le bocard chôme rarement; lorsque cela arrive, on fait piler à la main.

Travail. L'ouvrier trieur charge le minerai. Un petit garçon placé de l'autre côté le fait arriver sous les pilons, y ramène les morceaux qui s'en échappent sans être pulvérisés, en fait sortir les grains de dessous lorsqu'ils y séjournent trop long-temps. Au fur et à mesure, ces grains se tamisent sur la grille (1) ; ceux qui sont trop gros sont rejetés sous les pilons ; les plus fins tombent entre les jambes de l'ouvrier, d'où un autre petit garçon vient les enlever pour leur faire subir différens tamisages.

Tamisage. Les tamis dont on se sert sont des rectangles portant des rebords sur trois côtés seulement. Leur maille est en fer ; ils sont suspendus par quatre chaînes, dont deux sont plus courtes que les deux autres ; de telle sorte que, dans la position d'équilibre, ils penchent vers l'extrémité qui ne porte pas de rebords. Une grande trémie est placée au-dessus de la tête du tamis.

Le premier tamisage se fait sur une toile dont

(1) Cette grille serait remplacée avec avantage par un tamis plus serré, auquel on pourrait encore faire imprimer un mouvement par le bocard lui-même.

les carreaux ont $0^m,0034$ de côté; sa largeur est de $0^m,38$ sur un mètre de longueur. Le tamiseur charge le minerai dans la trémie, et, aussitôt, poussant le tamis par le haut, il lui imprime un mouvement de va-et-vient très-rapide. Les grains les plus fins passent à travers la maille, et sont reçus dans une caisse disposée en dessous à cet effet. Les grains les plus gros, après avoir parcouru toute la longueur du tamis, vont tomber sur un plan incliné, qui est placé au bout; ceux-ci retournent au bocard à sec. Quant à ceux qui ont traversé, on les passe sur un autre tamis, dont les carreaux ont $0^m,0011$ de largeur : ce tamis est plus long de $0^m,16$ que le premier, afin que les grains aient plus de temps pour traverser la maille.

De là résultent deux espèces de sables *p*,*q*, qui sont criblés à la cuve.

p (le sable le plus gros) est passé sur un crible, dont les trous ont $0^m,0022$ de largeur. Criblage.

Ce crible n'est autre chose qu'un tamis circulaire en bois, à bords élevés, dont la maille est en cuivre. Or, voici comment s'exécute l'opération.

On charge le crible sur les deux tiers de sa hauteur. Aussitôt le cribleur, le tenant par deux poignées en bois, le plonge dans une cuve pleine d'eau, lui imprime un mouvement circulaire alternatif pendant quelques instans; puis, au moyen de quelques secousses, rassemble toute la charge dans un coin du crible, et le sort de l'eau. On voit alors une ligne de séparation bien nettement tranchée entre le minerai pur, qui occupe le fond et la partie mêlée de

gangue qui se trouve au-dessus. L'ouvrier prend alors une raclette en bois, et enlève légèrement les parties supérieures, qui, sous le nom de *menus débris de la criblerie*, sont envoyées au bocard à eau. Les parties qui viennent après retournent au bocard à sec; enfin ce qui touche la maille, après avoir reçu successivement deux ou trois tours semblables de crible de la part du même ouvrier, est mis à part pour être seulement pilé à sec, et mêlé avec le *fin sec*.

Quant à la partie la plus fine, qui est tombée dans la cuve, le même ouvrier la passe sur un crible plus fin, dans une cuve n°. 2. L'opération se fait de la même manière : les parties supérieures sont envoyées au bocard à eau, les parties intermédiaires retournent au bocard à sec; le fond est pilé pour être mêlé au *fin sec*.

La partie la plus fine qui est tombée dans la cuve est lavée dans une caisse allemande, et donne du schlich appelé *pur et criblé*.

q (le sable le plus fin provenant des tamisages) est passé sur un crible très-serré, dans une cuve n°. 3. L'opération est pareille; les parties supérieures sont lavées dans une caisse allemande, et donnent du *pur et criblé;* le fond est repassé, sur un crible de même largeur, dans une cuve n°. 4, par l'ouvrier raffineur; les parties supérieures sont encore envoyées à la caisse allemande pour avoir du *pur et criblé;* le fond est lui-même du *pur et criblé*.

Quant aux dépôts qui sont au fond des deux cuves n°. 3 et n°. 4, on les agite fortement, afin que toutes les particules, étant remises en suspension dans le liquide, puissent se précipiter

suivant leur ordre de pesanteur spécifique. Cela fait, on décante l'eau surnageante, et les parties qui se trouvent sur les bords, et qui sont les moins riches, sont lavées dans une caisse allemande, et donnent un schlich qu'on appelle *bourbe*; le fond du dépôt est lui-même de la *bourbe*.

Préparation du fin sec.

Le minerai destiné à faire du *fin sec* est pilé à part, puis tamisé sur une toile dont les carreaux ont $0^{m},002$ de largeur : tout ce qui passe est du *fin sec*; tout ce qui ne passe pas est repilé, et ainsi de suite.

On mélange dans les magasins le *fin sec* avec la *bourbe*, afin de sécher cette dernière.

Résumé des opérations exécutées à la criblerie.

Le minerai destiné à la criblerie est encore trié devant l'atelier en deux espèces.	1. Le plus pauvre. 2. Le plus riche.
1. Est envoyé au bocard à eau, etc.	
2. Est cassé à la main en petits morceaux de deux espèces.	3. Les plus disséminés. 4. Les plus purs.
3. Après avoir été pilé au bocard à sec, subit un premier tamisage, d'où.	5. Ce qui est rejeté du tamis. 6. Ce qui passe à travers.
5. Est remis au bocard à sec, etc.	
6. Subit un deuxième tamisage plus fin, d'où	7. Ce qui est rejeté du tamis. 8. Ce qui passe à travers.
7. Est criblé à la cuve n°. 1, d'où. .	9. Parties supérieur. 10. Part. interméd. 11. Ce qui touche la maille. 12. Fond de la cuve.

9. Est envoyé au bocard à eau, etc.
10. Est repassé au bocard à sec, etc.
11. Est pilé à sec pour être mêlé au *fin sec*.

12. Est criblé à la cuve n°. 2, à maille plus fine, d'où . . . . { 13. Parties supérieur. 14. Part. interméd. 15. Ce qui touche la maille. 16. Fond de la cuve.

13. Est envoyé au bocard à eau, etc.
14. Est repassé au bocard à sec, etc.
15. Est pilé à sec pour être mêlé au *fin sec*.
16. Est lavé à la caisse allemande, et donne du *pur et criblé*.

8. Est criblé à la cuve n°. 3, d'où. { 17. Parties supérieur. 18. Ce qui touche la maille. 19. Fond de la cuve.

18. Est criblé à la cuve n°. 4, à maille semblable, d'où. . . . . { 20. Parties supérieur. 21. Ce qui touche la maille. 22. Fond de la cuve.

17 et 20 sont lavés à la caisse allemande pour avoir du *pur et criblé*.
21. C'est du *pur et criblé*.
19 et 22. Après avoir agité le liquide et décanté, il se fait une séparation en deux parties. . . . . . { 23. Parties supérieures. 24. Fond.
23. Est lavé à la caisse allemande pour avoir de la *bourbe*.
24. C'est de la *bourbe*.

4. Après avoir été pilé, est tamisé et donne . . . . { 25. Ce qui est rejeté du tamis. 26. Ce qui passe à travers.

25. Est pilé de nouveau, etc.
26. C'est du *fin sec*.

Résultats.

On passe, chaque mois, à la criblerie (le bocard à sec ne marchant que le jour) 150 quintaux métriques de minerai, qui rendent environ 33 pour 100; savoir, 50 quintaux de schlich, sur quoi il y a généralement un de *pur et criblé* sur 2 de *fin sec et bourbe*.

On emploie à ce travail un chef cribleur à 33 francs par mois, un cribleur à 30, un cribleur à 21, un cribleur à 15, un casseur à 21, un enfant employé au bocard à 15, un tamiseur à 12. La dépense s'élève, par mois, à 147 francs.

La préparation de 100 quintaux de schlich provenant de la criblerie revient donc à 294 francs.

Résultats généraux de la préparation mécanique.

La dépense annuelle totale pour la préparation mécanique s'élève à 10,620 francs, savoir :

Pour le bocard à eau et les laveries. .	8856	10,620 fr.
Pour le bocard à sec et la criblerie. .	1764	

Le produit annuel est de 1850 quintaux de schlich, savoir :

Produit du bocard à eau et des laveries.	1250 quintaux.
Produit du bocard à sec et de la criblerie.	600

La préparation de 100 quintaux de toute espèce de schlich revient donc à 574 francs 5 centimes.

Essais et Analyses.

Chapitre 2. *Essais et analyses des produits de la préparation mécanique.* —On a essayé les schlichs et les sables par la voie humide, la plus exacte pour faire connaître la proportion de galène qu'ils contiennent, et on a trouvé les résultats suivans:

Schlich proprement dit, venant du lavage dans les caisses ou sur les tables	0,584
Schlich provenant du lavage des relavins	0,585
Schlich pur et criblé	0,688
Schlich fin sec	0,425
Bourbe	0,430
Sable *a* (bocard à eau)	0,140
—— *b*	0,122
—— *c*	0,087
—— *e*	0,070
—— *f* (machine à classement)	0,032
—— *g*	0,031
—— provenant du déchet des caiss. allemand.	0,040
1er. sable qui se dépose en sortant des caiss. allem.	0,043
—— relavins	0,088
Bourbes des grands réservoirs de la nouv. laverie.	0,045

Les deux premiers schlichs ont donné, à l'analyse :

	1er.	2e.
Sulfure de plomb	0,584	0,688
Sulfure de zinc	0,021	0,048
Sulfure de fer	0,073	0,050
Carbonate de chaux		0,020
Sulf. de baryte et quarz.		0,194
Carbon. de magnésie.	0,305	
Oxide de fer		
	0,983	1,000

On n'a pu reconnaître la présence de l'antimoine dans ces schlichs, parce que ce métal ne s'y trouve qu'en très-petite quantité ; mais on verra plus tard qu'il s'accumule abondamment dans les abstricks ou litharges noires.

Sur la roue du bocard à eau.

CHAPITRE 3. *Observations.* — Lorsqu'on veut appliquer une chute d'eau donnée à agir sur une roue à augets, on sait (1) que pour tirer le plus

(1) Voyez nouvelle édition de l'*Architecture hydraulique* de Bélidor, tome I, notes de M. Navier.

grand parti possible du moteur, il faut satisfaire à-la-fois aux deux conditions suivantes :

1°. Que la vitesse de la roue soit moitié de celle que possède le fluide au moment où il vient la frapper : lorsque cette condition est remplie, la quantité d'action transmise à la roue dans une seconde est proportionnelle à $m\,(\mathrm{H} - \frac{1}{2}h)$, ($m$ étant la masse d'eau fournie par la chute et reçue sur la roue dans une seconde, H la hauteur totale de la chute, et h la portion de cette chute supérieure à la roue) ;

2°. Que cette vitesse de la roue soit la plus petite possible. Toutefois on a reconnu, dans la pratique, que pour qu'une roue à augets marchât régulièrement, il fallait, lorsque son rayon est moindre que 5 mètres, qu'elle eût une vitesse d'un mètre par seconde environ. Cette donnée étant combinée avec la première condition, la valeur de h est déterminée, et on la trouve égale à $0^{m},2$.

En appliquant ces principes à la roue du bocard à eau de Vialas, on voit qu'il aurait fallu ne laisser entre la chute et le sommet de la roue que $0,^{m}2$ de distance au lieu de $1^{m},4$, comme on l'a fait ; et alors on aurait pu donner à la roue $5^{m},5$ de diamètre, en gagnant encore $0^{m},3$ par le bas (chose possible, d'après ce qui a été dit dans la description).

Dans cette nouvelle disposition, la quantité d'action transmise à la roue serait proportionnelle à $m \times 6,6$, puisque $\mathrm{H} = 6^{m},7$ et $h = 0^{m},2$; tandis que, dans la disposition actuelle, où $\mathrm{H} = 6^{m},4$ et $h = 1^{m},4$, la quantité d'action transmise à la roue est proportionnelle à $m \times 5,7$: en sorte

que les quantités d'action, dans les deux cas, sont entre elles comme 66 est à 57, puisque m est une donnée qui est la même de part et d'autre. Encore faut-il remarquer que j'ai supposé le cas le plus favorable à la roue actuelle; car, en établissant que la quantité d'action qu'elle reçoit est proportionnelle à l'expression $m\ (\mathrm{H} - \frac{1}{2} h)$, j'ai admis implicitement qu'elle était disposée de manière à satisfaire à la première condition susénoncée, bien que cela n'ait pas lieu.

Le changement indiqué produirait donc dans l'effet de la roue une augmentation de près d'un cinquième, et on sent combien cela serait important pour une usine qui chôme deux mois par disette d'eau; on suppléerait à cette disette en utilisant la quantité d'action aujourd'hui perdue, pour faire jouer un plus grand nombre de pilons pendant les dix autres mois.

Dans cette nouvelle disposition, le mouvement de la roue étant très-lent, on ne pourrait plus adapter les cames à l'arbre même de cette roue, et il faudrait employer l'intermédiaire d'engrenages pour communiquer aux pilons la vitesse qui est reconnue leur être nécessaire.

Sur le bocard. En comparant les résultats rassemblés plus haut sur le lavage des différentes espèces de sables, on voit (comme M. Berthier l'avait déjà fait remarquer pour les laveries de Pesey (1)), que l'opération est d'autant plus longue et d'autant plus coûteuse, que les sables sont plus fins. Le système de bocard en usage à Vialas est

(1) *Annales des Mines*, tome III, page 551.

donc vicieux, en ce qu'il exige que les grains de minerai soient successivement broyés sous les trois pilons avant de sortir par les treillis, et sans doute aussi en ce que ce treillis, vu la petitesse de ses carreaux, ne leur permet pas de s'échapper assez rapidement.

On a déjà remédié en partie à cet inconvénient, en établissant, comme à Pesey, les treillis sur le devant des auges; en sorte que les pilons (dont on a porté le nombre à douze, divisés en quatre batteries) remplissent tous aujourd'hui les mêmes fonctions. Cette innovation a été conseillée par M. l'ingénieur Furgaud : on a dû aussi, d'après son avis, substituer des soles en fonte aux soles de quarz battu. Enfin, la machine de classement a été remplacée avec avantage, à ce qu'il paraît, par un tamis incliné, qui est mu par l'arbre du bocard.

Il est remarquable que les gros sables qui entraient dans cette machine de classement, étaient très-peu riches, puisqu'ils ne renfermaient que 23 pour 100 de galène : cela tient sans doute à la plus grande facilité avec laquelle la partie métallique se pulvérise.

Sur le lavage.

On reconnaît facilement, à la simple vue du schlich, qu'il est mêlé d'une très-grande quantité de matières hétérogènes : c'est, en effet, ce que l'analyse a confirmé, puisqu'elle a donné sur 100 parties 59 de galène, 10 de pyrite ou de blende, et 31 de gangue. Il est probable cependant que celui qui vient des caisses allemandes est plus pur que celui des tables; mais je n'ai pu me procurer ces deux espèces séparément.

J'ai fait un essai à la sébile pour m'assurer si

on ne pourrait pas obtenir ce schlich dans un plus grand état de pureté, et j'ai reconnu qu'on pouvait déjà se débarrasser assez facilement de 20 pour 100 de gangue, et il suffirait probablement, pour obtenir ce résultat, de prolonger davantage l'opération du *dégrossissage*, et d'augmenter un peu la quantité d'eau et l'inclinaison des tables. Quant à la pyrite et à la bleude, je n'ai pas pu parvenir à les enlever sans perdre une très-grande quantité de galène, et ce serait peut-être ici le cas d'essayer l'emploi des tables à percussion, dont on tire un si bon parti en Allemagne, et qui, d'ailleurs, économisent beaucoup la main-d'œuvre.

Au reste, comme je l'ai déjà fait observer, le perfectionnement apporté au bocard rendra, à l'avenir, les lavages des sables beaucoup plus faciles.

Il manque plusieurs élémens pour qu'on puisse calculer combien il y a de galène perdue dans le lavage; mais on doit présumer, d'après la grande quantité des matières étrangères qui restent dans les schlichs, que les eaux n'entraînent que peu de parties utiles. On voit, de plus, que les matières rebutées doivent être bien pauvres, puisque les bourbes des grands réservoirs, qu'on lave encore sur les tables, ne tiennent que 4,5 pour 100 de galène. Il est même douteux que le lavage de semblables sables, qui revient à 13 francs 62 cent. par quintal métrique, soit avantageux.

Sur la criblerie.

L'opération du criblage à la cuve paraît présenter de grands avantages quand le minerai est presque massif ou très-peu disséminé : alors, en

effet, il est suffisant de concasser le minerai en morceaux encore assez gros, la séparation des gangues est promptement faite, et les déchets qui traversent le crible sont encore d'une bonne grosseur pour pouvoir être lavés rapidement dans les caisses allemandes. C'est ainsi que cela se passe à Poullaouën ; mais à Vialas, les circonstances ne sont pas les mêmes, et cependant on opère semblablement. Ici, le minerai de criblerie est encore, pour la majeure partie, extrêmement disséminé dans la gangue, d'où résulte qu'on est obligé de piler très-fin, et le schlich dit *pur et criblé*, qui provient de ce travail, ne renferme que 69 pour 100 de galène. Il suit encore de là que les déchets qui traversent le crible sont extrêmement ténus, les derniers formant, pour ainsi dire, une pâte visqueuse avec de l'eau. Cependant on lave ces déchets dans les caisses allemandes ; aussi le schlich dit *bourbe*, qui en résulte, ne contient-il que 43 pour 100 de galène : sans contredit, pour des matières aussi ténues, on opérerait un meilleur lavage sur les tables jumelles.

Pour le *fin sec*, c'est une matière trop peu riche pour qu'elle puisse être ainsi livrée à la fonderie sans préparation ; il serait plus avantageux de la cribler comme le reste : seulement, comme elle forme la partie la plus pure du minerai de criblerie, on pourrait la passer séparément sur un crible plus gros.

Conclusion.

La préparation mécanique d'un quintal métrique de schlich revient, à Vialas, à 5 fr. 74 cent., tandis qu'à Pesey elle ne revenait qu'à 4 francs, et le schlich de Pesey tenait 0,97 de galène,

tandis que le plus riche de ceux-ci, le *pur et criblé*, n'en rend que 0,688 ; cependant il ne paraît pas qu'il y ait une grande différence entre le prix de la main-d'œuvre dans les deux localités. On voit, par ce seul rapprochement, combien on est loin du point de perfection que l'on avait atteint à Pesey, et quoiqu'on puisse améliorer beaucoup la préparation mécanique à Vialas, il est douteux qu'on arrive jamais à un résultat aussi brillant, à cause de la grande quantité de pyrites que renferme le minerai.

(*La seconde partie à la prochaine livraison.*)

NOTICE

Sur le procédé de M. Brard, pour reconnaître si les pierres ou autres matériaux de construction sont gelifs ou non.

M. Brard ayant considéré l'effet de l'eau, qui, par sa congélation, fait éclater les pierres imprégnées d'humidité, comme analogue à celui produit par la cristallisation d'un sel qui aurait pénétré dans l'intérieur de la pierre, fut conduit à essayer diverses solutions salines, et à les introduire dans les matières poreuses qui sont employées aux constructions, comme pierres, briques, marbres, etc. Il a vu que l'eau, en s'évaporant ensuite et faisant paraître le sel à la surface sous forme d'efflorescences, détachait des parcelles de pierre dans toutes celles qui étaient reconnues pour être *gelives*, et beaucoup plus difficilement, ou pas du tout, dans les autres. La dissolution de sulfate de soude est jusqu'ici celle qui a le mieux réussi, et l'expérience a appris quel degré de saturation il fallait lui donner et combien de temps il fallait y laisser séjourner la pierre à essayer, pour obtenir un effet comparable à celui des gelées de nos climats. On trouvera dans le rapport fait à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, par M. le V[te]. Héricart de Thury, Directeur des travaux publics de Paris, et Ingénieur en chef des mines, tous les détails désirables sur les diverses épreuves qu'on a fait subir au procédé de M. Brard. Les résultats obtenus par MM. Vicat, Billaudel, Conrad, ingénieurs des ponts et chaussées, et par M. de Thury, leur font regarder comme résolue cette question fort importante pour les architectes : *Trouver un moyen certain qui puisse faire reconnaître, en peu de jours, si telle pierre d'appareil est gelive ou non.* On sentira l'utilité de la découverte de M. Brard quand on saura qu'il n'y avait auparavant d'autre moyen de reconnaître si les matériaux de construction étaient capables de résister à la gelée, que de les exposer au froid des hivers, et que dans le cas où ceux-ci se trou-

vaient peu rigoureux, on était obligé d'attendre, plusieurs années, une épreuve décisive qui permît de prononcer définitivement sur la qualité des pierres d'appareil. Avec le procédé dont il s'agit, on aura un résultat au bout de quelques jours; on pourra, en outre, comparer les matériaux entre eux, et reconnaître ce qu'on doit en attendre dans les différens climats.

Le procédé de M. Brard, ainsi que les précautions à prendre pour en obtenir des indications certaines, sont réunis dans l'Instruction suivante, rédigée par M. Héricart de Thury, et que son utilité nous a engagés à publier dans nos *Annales*.

Instruction pratique pour essayer les pierres d'appareil.

1. On choisit les échantillons sur les points douteux du banc de pierre que l'on veut éprouver, par exemple, sur les places qui présentent des différences dans la couleur, le grain ou l'aspect.

2. On fait tailler ou scier ces échantillons en cubes de deux pouces de côté, à vives arêtes, attendu que des morceaux simplement cassés pourraient être tressaillés ou étonnés par le choc, et offrir ainsi des détériorations fausses, qui ne tiendraient nullement à la qualité de la pierre, mais simplement à la force qui l'aurait brisée.

3. On numérote ou l'on marque chaque échantillon avec de l'encre de la Chine, ou avec une pointe d'acier, et l'on conserve des notes exactes du lieu et de la place d'où chaque cube a été détaché.

4. On fait fondre dans une quantité d'eau proportionnée au nombre des échantillons que l'on veut éprouver tout le sel de Glauber (sulfate de soude) qu'*elle peut dissoudre à froid*, et pour être bien certain que cette eau n'est pas capable d'en prendre davantage, il faut qu'il reste un peu de sel au fond du vase, une ou deux heures après qu'on l'y aura jeté : ainsi, par exemple, une livre de ce sel suffit pour saturer une bouteille d'eau ordinaire, à la température des puits, celle de 12 degrés environ du thermomètre de Réaumur (15 degrés centigrades).

5. On fait chauffer cette eau ainsi chargée de sel dans un vase quelconque, jusqu'à ce qu'elle bouille à gros bouil-

lons, et sans la retirer du feu, on y plonge aussitôt tous les échantillons, en ayant soin qu'ils soient tous complétement submergés.

6. On laisse bouillir les pierres pendant une demi-heure. Les expériences faites par M. Vicat prouvent qu'il ne faut pas faire bouillir pendant plus long-temps, autrement on outre-passerait les effets de la gelée. Cette ébullition de trente minutes est donc de rigueur.

7. On retire chaque échantillon l'un après l'autre, et on les suspend à des fils, de manière à ce qu'ils ne touchent à rien, et qu'ils soient parfaitement isolés. On place au-dessous de chacun d'eux un vase rempli de la dissolution dans laquelle ils ont bouilli, mais en ayant soin de la laisser reposer, et de jeter le fond, qui renferme toujours de la poussière ou des grains détachés des échantillons.

8. Si le temps n'est pas trop humide ou trop froid, on trouvera, vingt-quatre heures après que ces pierres auront été ainsi suspendues, leurs surfaces couvertes de petites aiguilles blanches, salines, tout-à-fait pareilles au salpêtre des caves, par la manière dont elles se présentent. On plongera ces pierres dans les vases qui sont au-dessous de chacune d'elles, pour faire tomber les premières efflorescences salines. On recommence ainsi toutes les fois que les aiguilles sont bien formées; après la nuit sur-tout on les trouve plus longues et plus abondantes que dans le courant du jour; ce qui fait conseiller de faire l'expérience dans un appartement fermé, dans une cave, etc.

9. Si la pierre que l'on a essayée n'est point gelive, le sel n'entraîne rien avec lui, et l'on ne trouve au fond du vase, ni grains, ni feuillets, ni fragmens de la pierre éprouvée. On doit avoir bien soin de ne point la changer de place, dans le cours de l'expérience, non plus que le vase qui est au-dessous d'elle.

Si la pierre est gelive, au contraire, on s'apercevra, dès le premier jour que le sel paraîtra, qu'il entraîne avec lui des fragmens de pierre, que le cube perd ses angles et ses vives arêtes; et enfin l'on trouvera au fond du vase tout ce qui s'en sera détaché dans le cours de l'épreuve, qui doit être achevée au bout du cinquième jour, à partir du moment où le sel pousse pour la première fois; car cet effet retarde ou avance, suivant l'état de l'air.

10. On peut facilement aider la pousse du sel, en trempant la pierre aussitôt qu'il commence à paraître sur quelques-uns de ses points, et en répétant cette opération cinq ou six fois par jour.

11. On doit bien se garder de saturer l'eau pendant qu'elle est chaude, c'est à froid seulement que cette saturation doit avoir lieu, ainsi que nous l'avons déjà dit. En effet, les expériences de M. Vicat et celles que nous avons fait faire à l'Inspection générale des carrières de Paris, ont conduit à ce résultat, que telle pierre qui résiste bien à l'action de la gelée et à l'action de la lessive saturée à froid se délite complétement quand on l'expose à l'action de la lessive saturée à chaud; et il en serait souvent de même si l'on prolongeait les lotions au-delà du quatrième jour, comme nous l'avons prescrit ci-dessus (1).

12. Si l'on veut juger comparativement du degré de gelivité de deux pierres indiquées comme devant se décomposer par l'action de la gelée, on pèsera, après les avoir fait sécher, toutes les parties qui se sont détachées des six faces du cube, et l'on saura de suite celle qui sera la plus gelive des deux.

---

(1) Les expériences de M. Vicat prouvent que l'action de la dissolution de sulfate de soude saturée à chaud tendrait à présenter comme très-gelifs des mortiers et des tuiles qui ont subi sans altération les intempéries de dix hivers, dont un de 12 degrés au moins, et que l'on n'en pourrait tirer d'autre conséquence, si ce n'est que toute pierre qui résistera bien à l'action du sulfate de soude résistera certainement à la gelée; mais que toute pierre qui résistera bien à la gelée ne résistera pas à l'action de la dissolution de sulfate de soude saturée à chaud: en sorte que l'on serait exposé à rejeter de bonnes pierres, si l'on employait une dissolution aussi chargée de sel. De son côté, M. de Thury a reconnu qu'en employant une dissolution saturée à chaud, au lieu de l'être à froid, on parvenait à attaquer des pierres que les siècles avaient respectées, telles que les liais. On peut donc non-seulement s'assurer si les pierres que l'on soumet à l'épreuve pourront braver à jamais l'intempérie de nos climats tempérés; mais on peut encore, en forçant la proportion du sel, prévoir ce qui arriverait à ces mêmes pierres, si, par une cause quelconque, on venait à les exposer à des agens destructifs plus énergiques que ceux qui nous sont connus.

ORDONNANCES DU ROI,

CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LA FIN DU SECOND TRIMESTRE DE 1824 ET LE COMMENCEMENT DU TROISIÈME DE CETTE MÊME ANNÉE.

ORDONNANCE du 19 mai 1824, portant concession de la mine de houille brune d'Oupia (**Hérault**).

Mine de houille d'Oupia.

(**Extrait.**)

LOUIS, etc., etc., etc.;

ART. Ier. Il est fait concession au sieur Juin de Siran de la mine de houille brune existant dans la commune d'Oupia, département de l'Hérault, sur une étendue de cinq kilomètres carrés, trente cinq hectares, conformément au plan joint à la présente ordonnance.

ART. II. Cette étendue est limitée ainsi qu'il suit :

Au nord-ouest, à partir du clocher d'Oupia, par le chemin bas de Mailhac, jusqu'à la rencontre du ruisseau de la Madeleine, sur la limite du territoire d'Oupia;

Au nord, à l'est et au sud-est, par la limite du même territoire, commune avec les territoires d'Aigues, département de l'Hérault, de Mailhac et de Pouzals, département de l'Aude, jusqu'à la rencontre du grand chemin de Béziers à Carcassonne;

Au sud, par le même chemin, jusqu'à la rencontre du chemin de Bassanet;

Et à l'ouest, par le chemin de Bassanet jusqu'à Oupia, point de départ.

ART. III. L'impétrant se conformera exactement aux dispositions du cahier des charges, qu'il a souscrit le 11

janvier 1824 ; ce cahier sera annexé à la présente ordonnance, qui sera affichée et publiée, aux frais du concessionnaire, dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Cahier de charges pour la concession de la mine de houille brune d'Oupia.

(Extrait.)

Art. Ier. Immédiatement après que l'ordonnance royale de concession aura été rendue, et que le concessionnaire aura été mis en possession à la diligence des autorités locales, il se mettra en mesure de régulariser ses travaux d'exploitation d'après le mode ci-après détaillé. Il les suivra constamment, et il ne pourra les interrompre sans cause reconnue légitime par l'administration.

Art. II. Il ouvrira sur le penchant nord-ouest de la montagne d'Oupia, vers le point P du plan, ou sur le versant de la même montagne, du côté sud-ouest, vers le point G (si le résultat des travaux de recherches rend ce point d'attaque préférable), une galerie horizontale et principale de service et d'écoulement, qui, dans le premier cas, sera poussée à travers bancs, et perpendiculairement à leur direction, et, dans le second cas, sera placée, soit médiatement, soit immédiatement, sur l'une des couches de houille.

Dans l'un et l'autre cas, la galerie sera établie de manière à laisser au-dessus de son niveau, dans les premières couches de houille de la montagne, un massif ayant au moins vingt-cinq à trente mètres de hauteur, mesuré suivant le plan d'inclinaison.

Art. III. Lorsque la galerie principale aura été mise en communication avec deux ou plusieurs couches de houille, on commencera l'extraction simultanément dans chacune de ces couches, en poussant, suivant leur direction, des galeries dites d'allongement, qui serviront à-la-fois de galeries de reconnaissance et de service : elles devront n'avoir que la pente suffisante pour l'écoulement des eaux.

Art. IV. A douze mètres au-dessus du niveau du premier étage, il en sera pratiqué un second, consistant également en galeries d'allongement servant à l'extraction.

On arrivera à ce second étage au moyen de galeries inclinées, et pouvant cependant servir au roulage.

Il sera pourvu à l'airage de ces travaux, au moyen d'ouvertures débouchant au jour, et dont la position sera déterminée sur l'avis de l'ingénieur des mines.

ART. V. Chaque massif de houille ménagé entre les deux étages sera, au fur et à mesure des besoins, recoupé par deux nouvelles galeries d'allongement, percées l'une au-dessus de l'autre, et de manière à laisser entre elles un massif d'une épaisseur égale à une fois et demie leur hauteur, ou vingt-sept décimètres.

ART. VI. Les galeries d'allongement et de service auront dix-huit décimètres de hauteur et une largeur égale à l'épaisseur de la couche en extraction, à moins que cette épaisseur n'excède quinze décimètres.

ART. VII. Les galeries seront solidement boisées ou muraillées par-tout où l'état de la roche et des massifs de houille supérieurs l'exigera.

ART. VIII. Les déblais provenant de l'extraction, qui seraient susceptibles de s'échauffer et de s'enflammer spontanément, ne pourront point être employés à remblayer les parties exploitées. Ils devront être sortis au jour au fur et à mesure de l'extraction.

ART. IX. Lorsque les travaux auront atteint leur terme dans le sens de la direction, l'extraction des massifs laissés entre chaque niveau aura lieu en travaillant en retraite, à partir du fond des galeries. Cette opération devant amener l'abandon des travaux dans lesquels elle sera pratiquée, le concessionnaire ne pourra la commencer qu'après s'être conformé aux art. 7, 8 et 9 du décret de police sur les mines, du 3 janvier 1813.

ART. X. Lorsque les parties supérieures au niveau de la galerie d'écoulement auront été exploitées, l'extraction sera portée à un niveau inférieur, dont la position, ainsi que les emplacemens des galeries et puits débouchant au jour, seront déterminés par le préfet, sur l'avis de l'ingénieur des mines, et la houille sera exploitée de la manière ci-dessus prescrite.

ART. XI. Si par la suite on vient à reconnaître que le mode d'exploitation doit recevoir des modifications, ou qu'il soit convenable de lui en substituer un autre, il y

sera pourvu par l'administration des mines, sur l'avis du préfet et le rapport des ingénieurs des mines.

Patouillet de Pontcey.

ORDONNANCE du 19 mai 1824, qui permet au sieur Falatieu *d'établir un patouillet à roue au Moulin du Guet, commune de Pontcey* (Haute-Saône), *en se conformant au plan joint à la présente ordonnance. Ledit patouillet, autorisé pour l'espace de neuf années seulement, sera affecté exclusivement au fourneau de Bétancourt.*

Usine à fer de Linchamps.

ORDONNANCE du 26 mai 1824, portant autorisation d'établir une usine à fer à Linchamps (Ardennes).

(Extrait.)

LOUIS, etc., etc., etc.;

ART. Ier. Le sieur Lagard est autorisé, sauf les droits des tiers, relativement à l'usage du cours d'eau, à établir sur l'emplacement des anciennes usines à fer de Linchamps, commune des Hautes-Rivières, département des Ardennes:

1°. Un haut-fourneau au charbon de bois;

2°. Deux fours d'affinerie à la houille, avec un gros marteau;

3°. Un feu d'affinerie au charbon de bois;

4°. Enfin une fenderie susceptible d'être montée en laminoir, et alimentée seulement à la houille.

ART. II. Il se conformera exactement, pour le régime et l'usage des eaux, aux charges, clauses et conditions énoncées au rapport de l'ingénieur ordinaire des ponts et chaussées, du 30 janvier 1824, approuvé par l'ingénieur en chef le 7 février suivant.

ART. III. L'impétrant sera en outre tenu, pour assurer en toute circonstance au Sr. Hénon, propriétaire du moulin des Hautes-Rivières, le maintien de son état légal actuel, de lier à une des vannes motrices de son usine, et à l'aide d'une bascule, une autre vanne, qui s'élèvera quand l'autre s'abaissera.

Cette vanne aura un débouché de 40 centimètres de base sur 10 centimètres de hauteur; le tout conformément aux propositions des ingénieurs des ponts et chaussées, en date des 13 et 14 mars 1824.

Art. IV. Aucune partie de l'établissement ne pourra être mise en activité sans que l'impétrant ait préalablement adressé au préfet du département les plans exacts de l'usine et du cours d'eau, chacun en triple expédition, et sur les échelles de deux millimètres pour mètre pour les plans généraux, et d'un centimètre pour mètre pour les plans de détails.

Art. V. Les constructions seront soumises aux vérifications des ingénieurs des ponts et chaussées et des mines, chacun en ce qui le concerne, qui en dresseront procès-verbal.

Expéditions de chacun de ces procès-verbaux seront déposées, les unes aux archives de la commune des Hautes-Rivières, les autres aux archives de la préfecture des Ardennes, et il sera donné avis de ce dépôt à notre conseiller d'état directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. VI. En aucun temps, et sous aucun prétexte, l'établissement ne pourra s'écarter des règles fixées, soit dans sa consistance, soit dans les espaces et remplacemens de ses parties intégrantes, qu'en vertu d'une autorisation spéciale obtenue dans les formes déterminées par les lois et réglemens.

Art. VII. L'établissement devra être en activité dans un an au plus tard, à partir de la date de la présente ordonnance. Aucune de ses parties ne pourra rester en chômage au-delà du temps ordinaire des fériations, sans causes reconnues légitimes par l'administration.

Art. VIII. L'impétrant, outre le compte ouvert qu'il aura au bureau des douanes des Hautes-Rivières, demeurera astreint à ne transporter du haut-fourneau à la forge aucun fer en gueuse qu'en vertu de passavants, sur lesquels les préposés des douanes constateront l'entrée de la fonte à la forge.

Martinet de Pamiers.

ORDONNANCE du 2 juin 1824, portant que le sieur Caillas *et la dame* Jeanne Casals *son épouse sont autorisés à construire, conformément aux plans de masse, de détails et nivellement, joints à la présente ordonnance, en leur propriété, sur la rive gauche du canal de fuite de la foulerie qu'ils possèdent à Pamiers* (Ariège), *un martinet à parer le fer, composé d'un seul feu et d'un seul marteau, sous la condition qu'il ne sera fait aucun changement au barrage ni à la prise d'eau, ni au canal d'amené qui alimente la foulerie.*

Usines à fer de Morteau.

ORDONNANCE du 7 juillet 1824, portant que les sieurs Michel *frères sont autorisés à tenir et à conserver en activité les usines à fer qu'ils possèdent dans la commune de Morteau, arrondissement de Chaumont* (Haute-Marne); *lesquelles consistent, conformément aux plans d'ensemble et de détails joints à la présente ordonnance, en deux affineries, un marteau et un bocard à crasses, sur la rivière du Rognon.*

Usines à fer d'Écot.

ORDONNANCE du 7 juillet 1824, portant que les sieurs Michel *frères, propriétaires des usines à fer situées sur la rivière de Sueur, commune d'Écot* (Haute-Marne), *sont autorisés à conserver et à tenir en activité ces mêmes usines, dont la consistance est et demeure fixée, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit :* 1°. *un haut-fourneau ;* 2°. *quatre affineries ;* 3°. *un martinet ;* 4°. *trois bocards à crasses ;* 5°. *un bocard à mines ;* 6°. *un patouillet.*

ORDONNANCE du 15 *juillet* 1824, *portant que le sieur* Mouchel *fils, négociant à l'Aigle, est autorisé à construire une tréfilerie pour la fabrication des fils de fer et des fils de laiton, sur l'emplacement d'un ancien moulin à tan, situé sur la rivière d'Avre, au lieu dit le Pont-Aubert, commune de Tillières* (Eure), *sous la condition que l'impétrant se conformera au règlement du* 28 *février* 1804 (8 *ventôse an* 12), *sur les irrigations ou la police des eaux de la rivière d'Avre.* Tréfilerie de Tillières.

ORDONNANCE du 28 *juillet* 1824, *portant que les sieurs* Pailla *et* Collignon *sont autorisés à établir à Trélon* (Nord) *une verrerie propre à la fabrication des bouteilles et du verre à vitres, sous les conditions suivantes :* 1°. *que ladite verrerie sera composée d'un four à huit pots ;* 2°. *que chaque pot pourra contenir un hectolitre cinquante litres de matières fusibles ;* 3°. *que les impétrans alimenteront leur four avec de la houille, et qu'ils pourront cependant consommer huit stères de bois par mois.* Verrerie de Trélon.

ORDONNANCE du 11 *août* 1824, *portant autorisation d'établir un patouillet pour le lavage du minerai de fer, en la commune de Soing* (Haute-Saône). Patouillet de Soing.

(Extrait.)

LOUIS, etc., etc., etc.

ART. Ier. Le sieur Jean-Jacques Cavin est autorisé à éta-

blir un patouillet à roue, destiné à laver du minerai de fer, sur le terrain qui lui appartient, sur le bord de la Saône, dans la commune de Soing, département de la Haute-Saône, et sur la dérivation du canal du moulin dont il est propriétaire audit lieu, conformément au plan ci-joint.

Art. II. Ce patouillet et le bassin d'épuration qui en est une annexe seront placés en amont du moulin de Soing, entre le bief supérieur et la rivière de Saône.

Art. III. Les eaux bourbeuses qui sortiront du patouillet ne pourront être versées directement dans la Saône; elles devront être conduites dans le bassin d'épuration à décharge précité, lequel ne pourra avoir moins de six cents mètres cubes de capacité.

Ce bassin devra être vidé lorsqu'il sera plein aux deux tiers, et les boues qui en sortiront seront déposées de manière à ne pouvoir être entraînées dans la Saône par les eaux pluviales.

Art. IV. Dans aucun cas et sous aucun prétexte, l'impétrant ne pourra exhausser le niveau actuel de l'eau dans le bief supérieur du moulin. Ce niveau ainsi que la hauteur du barrage seront repérés d'une manière fixe et invariable par l'ingénieur des ponts et chaussées de l'arrondissement de Gray.

Art. V. Les travaux relatifs à la distribution des eaux et à la fixation de leur hauteur seront exécutés sous la surveillance de l'ingénieur des ponts et chaussées. Les travaux relatifs à l'emplacement, aux dimensions et à la construction du bassin d'épuration mentionné aux articles 2 et 3, seront faits sous la surveillance de l'ingénieur des mines.

Procès-verbaux de la vérification de ces ouvrages seront, après leur achèvement, dressés par lesdits ingénieurs; copies de ces procès-verbaux seront déposées aux archives de la préfecture de la Haute-Marne, et à celles de la commune de Soing, et il en sera donné avis à notre Conseiller d'État, Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

(*La suite à la prochaine livraison.*)

FIN DU MÉMOIRE

Sur la préparation mécanique et sur le traitement métallurgique du minerai de plomb argentifère de Vialas et de Villefort (département de la Lozère);

Par M. J. LEVALLOIS, Ingénieur au Corps royal des Mines.

DEUXIÈME PARTIE.

Fonderie. — Établissement de Villefort.

Introduction. — La fonderie de Villefort a été établie en 1777, à l'époque où fut donnée la concession des mines de ce canton. Historique.

C'était dans le but de traiter le cuivre pyriteux provenant du filon de Fressinet, et la galene que fournissaient d'autres filons, tels que ceux de Mazimbert, de Peyrelade, de la Rouvière, etc. On construisit, à cet effet, les deux fourneaux à manche qui existent encore aujourd'hui; mais bientôt le filon de cuivre s'appauvrit et se perdit totalement; les filons de plomb diminuaient de richesse, et présentaient des difficultés toujours croissantes pour l'exploitation. Ce fut dans ces conjonctures, en 1781, qu'on découvrit fort heureusement les mines de Vialas, qui, depuis ce temps, ont été traitées exclusivement à la fonderie. On s'occupa alors de construire les deux fours à réverbère. Le fourneau de coupelle ne fut bâti que trois ans plus tard.

État sommaire de l'établissement.

La fonderie se compose : 1°. d'un atelier renfermant deux fourneaux à réverbère pour le grillage du schlich, et pour la revivification des litharges ; deux fourneaux à manche pour la fonte du schlich grillé, etc., munis, chacun, d'une paire de soufflets en bois mus par une roue à augets ;

2°. D'un atelier renfermant un fourneau de coupelle pour l'affinage de plomb d'œuvre, lequel reçoit le vent d'une trompe très-élevée ;

3°. D'un atelier renfermant un petit fourneau de coupelle pour le raffinage de l'argent, des fourneaux à vent pour les essais de plomb, et de petits fourneaux pour les essais d'argent ;

4°. D'un atelier pour la fabrication de la grenaille ;

5°. D'un atelier renfermant un four à réverbère pour la calcination, et des cuves pour la lexiviation des cendres ;

6°. D'un petit bocard à sec, destiné à piler les substances qui forment les brasques, etc. ;

7°. D'un petit moulin pour broyer les os ;

8°. D'une caisse allemande pour le lavage des résidus provenant du fourneau à manche, etc.

Situation et communications.

La fonderie est située à un quart d'heure au nord-est de Villefort : elle est construite sur la rive droite du ruisseau de Costeylades, qui coule de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est à travers un petit vallon tapissé de prairies très-fertiles, et orné de beaux châtaigniers : c'est ce ruisseau qui fait marcher l'usine. On arrive à la fonderie par un chemin plan, tracé le long du cours d'eau.

Villefort est, comme on l'a déjà dit, à 2 myriamètres de Vialas, où sont situées les mines et les laveries. Les forêts qui approvisionnent l'é-

tablissement sont à un demi-myriamètre. Quatre grandes routes traversent la ville; elles conduisent à Mende, à Langogne, aux Vans et à Alais; ces routes, toutefois, ne peuvent être facilement fréquentées que par les mulets.

La prise d'eau est faite dans le ruisseau de Costeylades, à 250 mètres environ au-dessus de la fonderie. L'eau est amenée par une rigole, qui, au moyen de vannes, peut communiquer à volonté avec l'un ou l'autre de deux canaux, dont le premier aboutit à une trompe, et dont le deuxième se rend sur deux roues à augets. L'une de ces roues fait marcher les soufflets du fourneau à manche, et l'autre fait mouvoir de petits pilons. Prise d'eau.

La chute, depuis l'entrée dans la trompe jusqu'à la rivière, est de 20 mètres, sur lesquels les 6 derniers sont à-peu-près employés à faire aller le moulin de la ferme; les 14 mètres restans sont distribués de la manière suivante :

1°. Quand l'eau arrive dans la trompe :

Depuis le haut de la trompe jusqu'à son dégorgeoir, 9 mètres; depuis ce dégorgeoir jusqu'au canal qui mène l'eau au moulin de la ferme, 5 mètres.

2°. Quand l'eau arrive sur les roues à augets:

Depuis le haut de la trompe jusqu'au sommet de la grande roue, 6,7; depuis le sommet de cette roue jusqu'à son point le plus bas, 4; depuis ce point le plus bas jusqu'au canal qui mène l'eau au moulin de la ferme, 3,3 (1).

(1) On voit que l'économie des eaux motrices n'est pas mieux observée à Villefort qu'à Vialas, et que la construction des roues à augets pèche par le même principe dans les deux établissemens.

Les chômages, dans l'été comme dans l'hiver, ne sont ni fréquens ni longs. D'ailleurs, s'il en arrive, on peut employer ce temps-là à faire les opérations dans lesquelles on n'a pas besoin de mettre les machines soufflantes en jeu.

CHAPITRE Ier. *Description.* — § Ier. *Du schlich.* Les ateliers de Vialas fournissent à la fonderie, ainsi qu'on l'a vu, trois espèces différentes de schlichs : le *schlich* proprement dit, le *pur et criblé*, et le *fin sec et bourbe.*

Transport. Le transport s'en fait à dos de mulets. Au mois de juin 1821, on le payait à raison de 3 francs 38 centimes par quintal métrique ; mais à partir de cette époque, l'entreprise en a été adjugée à 2 francs 85 centimes. M. Mosnier-Chapelle vient de faire pratiquer à travers la montagne un nouveau chemin plus direct que l'ancien, ce qui amènera encore une diminution dans le prix des transports.

Essais. Avant de traiter ces schlichs, on en fait l'essai pour connaître la teneur de chacun d'eux en plomb et en argent. Pour cela, au moment où on les apporte à la pesée, on en prend une pincée sur chaque quintal, et on réunit dans un vase toutes les pincées d'une même espèce de schlich; ensuite on les mélange bien intimement, et on en prend une certaine quantité pour opérer l'essai.

On commence par griller la matière sous la moufle d'un petit fourneau de coupelle, puis on la met, avec trois parties de flux noir, dans un creuset, en recouvrant le mélange de sel commun. Le creuset est chauffé dans un fourneau à vent. On obtient ainsi généralement, dit-on, 55 pour 100 de plomb d'œuvre. Le culot est ensuite

passé à la coupelle, et cet essai donne moyennement, 4 onces et demie d'argent au quintal de schlich, ou 0,0028. En 1808, le schlich tenait 5 onces d'argent, et davantage encore, avant cette époque : de là on concluait *que le minerai allait en s'appauvrissant dans la profondeur.*

On fait encore, dans le courant du travail, deux autres essais, un sur le plomb d'œuvre après l'enlèvement des premiers écumages au fourneau d'affinage, et enfin un sur l'argent raffiné, pour en connaître le titre.

Traitement métallurgique.

Le traitement auquel on soumet le schlich pour en extraire le plomb d'œuvre, consiste à le griller au fourneau à réverbère, et à le fondre ensuite au fourneau à manche.

Grillage du schlich. Fourneaux à réverbère.

§ 2. *Grillage ou calcinage.* — Le grillage se fait dans des fourneaux à réverbère, dont l'intérieur, présentant la forme d'un ovale un peu aplati sur le devant, a $2^m,95$ de long sur $1^m,84$ de large vers le milieu. Là, la distance de la sole à la voûte est de $0^m,65$; cette voûte est très-aplatie, et n'a pas plus de $0^m,08$ de flèche.

Six ouvertures sont pratiquées dans ces fourneaux ; savoir, quatre sur le devant, dont une pour la chauffe et trois pour le travail ; une au bout, laquelle sert aussi pour le travail ; et enfin une à la voûte, au-dessus de la porte du milieu : c'est par celle-là qu'on charge. La cheminée a 10 mètres de haut à-peu-près.

Deux canaux d'évacuation traversent le fourneau dans toute sa longueur, et débouchent dans le cendrier : ils ont $0^m,32$ de haut sur $0^m,24$ de large ; ils sont recouverts par des plaques épaisses de schiste micacé, au-dessus desquelles on met un lit de $0^m,12$ à $0^m,13$ de scories, ou de toute

autre matière qui laisse des interstices pour le passage de l'humidité, et qu'on recouvre encore de $0^{m},05$ de terre grasse. De petits conduits partent du niveau des scories et aboutissent à la face antérieure du fourneau; ensuite on établit là-dessus deux soles, dont la première a $0^{m},19$ et la deuxième $0^{m},22$ d'épaisseur. On lie quelquefois ensemble ces deux soles; mais il est préférable de les battre indépendamment l'une de l'autre, parce que lorsque celle de dessus est seule imbibée, on peut se contenter de l'enlever, et continuer à griller sur l'autre. La sole est un peu creusée vers le milieu, et c'est de ce milieu que part un conduit incliné qui aboutit à la face de devant, et par lequel on coule les matières grillées.

Pour composer les soles, on pile des pierres de grès à gros grains et de la terre glaise, et on fait une pâte bien liante de deux tiers de grès sur un tiers de terre. Cette pâte est ensuite tassée et battue fortement à l'aide de marteaux et de pilons en fer.

La voûte d'un fourneau peut durer huit à dix ans; mais la sole doit être refaite tous les ans, parce qu'au bout de ce temps elle est suffisamment imbibée.

Charge. La charge du fourneau de grillage se compose de 6 quintaux 20 (1) de schlich supposé sec (2);

(1) On pourrait probablement charger jusqu'à 9 ou 10 quintaux à-la-fois, et cela produirait une économie de temps et de combustible.

(2) On défalque, dans les pesées, un onzième du poids pour l'eau contenue dans le *schlich*, dans le *fin sec et tourbe ;* le *pur et criblé* est sensé privé d'humidité.

Le peu de concordance qui existe entre les analyses des

elle n'est pas formée dans des proportions constantes des diverses espèces de schlichs. Depuis quelque temps, le *fin sec et bourbe* est grillé séparément, parce que la matte qu'il donne n'est jamais fluente; et qu'on est obligé de l'arracher solide du fourneau.

Quand on veut mettre le fourneau de grillage en train, on commence par le chauffer pendant douze heures. Au bout de ce temps, on charge par l'ouverture de la voûte, que l'on bouche ensuite avec une forte brique; on étend la charge sur toute la sole au moyen de pelles et de crochets en fer, puis on referme les portes. On a soin, au commencement, de ne pas faire un feu très-fort; on choisit les plus gros morceaux de bois, que l'on mêle avec égale quantité de houille. Lorsque le schlich est devenu rouge, et qu'il s'est déjà formé une pellicule blanche (ce qui arrive plus tôt auprès de la chauffe), on commence à le remuer et à le retourner par la première porte, à l'aide de grandes pelles ou spadèles en fer, et successivement par les deux autres portes, au fur et à mesure que la chaleur se propage. On fait cette manœuvre, toutes les demi-heures, pendant sept heures, en soutenant toujours le feu au même degré. Au bout de ce temps, on augmente le feu, et on remue encore toutes les demi-heures pendant cinq heures (1). Déjà on observe que la masse se ramollit : alors on remplit la chauffe de combustible, pour donner un très-fort coup

Travail.

schlichs crus et celles des schlichs grillés me porte à croire que l'évaluation de l'eau n'est pas exacte.

(1) On prétendait que c'était l'*arsenic* qui se dégageait dans cette deuxième époque du travail; mais les schlichs ne renferment pas la moindre trace de cette substance.

de chaleur qui opère la fusion ; on remue plus activement avec des râcles, et en trois heures et demie ou quatre heures, la matière est en fluidité: on aperçoit quelques gouttelettes de plomb. Alors on débouche le trou de la coulée, par où la matière se répand sur le sol de l'atelier; on jette de l'eau dessus pour la refroidir, et ensuite on la concasse avec un pic. Après avoir rebouché le trou avec un tampon de terre grasse, et après avoir laissé refroidir le fourneau pendant deux heures, on recharge.

Résultats. L'opération dure dix-huit heures, en comptant les deux heures pour le temps du refroidissement du fourneau.

On fait de suite trente-six grillages, dont le produit entre dans une même fonte.

Le schlich sec perd de 10 à 12 pour 100 au grillage, de manière que la charge se réduit, terme moyen, à 5 quintaux 50.

On brûle, pendant le grillage d'une charge, 2 quintaux à 2 quintaux et demi de houille, et 10 quintaux de bois environ.

Quatre ouvriers sont employés à un grillage, savoir : deux maîtres et deux aides; ils sont divisés en deux postes, travaillant, chacun, douze heures.

On consomme, dans un grillage, 29 kilogrammes de fer d'outils, dont la valeur, y compris six journées de forgerons employés pour les réparer, peut être estimée à 33 francs 85 centimes.

Emploi du fer. Autrefois on avait l'habitude d'ajouter sur une charge de schlich 14 à 15 kilogrammes de matières terreuses, débris de fonte, etc. (1); mais on

(1) Cette quantité est bien insuffisante pour opérer la dé-

y a renoncé, parce que cela n'amenait aucun résultat avantageux.

Les soles des fourneaux de grillage sont démolies ordinairement tous les ans; elles sont fort riches en argent, et on les repasse dans les fontes ordinaires. Sole riche des fourneaux de grillage.

Une de ces soles, démolie au bout de deux ans, pesait 38 quintaux et demi, et contenait à-peu-près 20 kilogrammes d'argent, et 36 pour 100 de plomb. Le même fourneau à réverbère sert encore à griller les *abstrichs* ou *litharges noires*, provenant des premiers écumages du bain de coupelle. Dans chaque série de trente-six grillages, il y a toujours deux charges de cette matière, et on passe dans ces deux charges tous les abstrichs fournis par les deux affinages précédens, formant à-peu-près 13 à 14 quintaux. Grillage des abstrichs ou litharges noires.

On commence par les réduire en poussière sous des pilons, puis on les jette dans le fourneau, où on les expose vingt-quatre heures à un feu progressif, en ayant soin de remuer comme dans le grillage du schlich. Au bout de ce temps, on les retire non fondus et encore en poussière: ils sont alors devenus jaunes de noirs qu'ils étaient d'abord; ils ont perdu 6 à 7 pour 100 de leur poids.

Le pilage des abstrichs emploie deux journées de manœuvres.

§ 3. *Fonte du schlich grillé.* — La fonte du schlich grillé s'opère dans un fourneau à manche. Fourneau à manche.

Le vide intérieur de ce fourneau a en hauteur

---

composition. Dans tous les cas, il est trop difficile de se procurer des ferrailles à Villefort, pour que le mode de traitement par le fer puisse y être pratiqué avec bénéfice.

2m,06 au-dessus de l'aire de la fonderie, en profondeur 1m,0, en largeur 0m,51 au bas et 0m,54 dans le haut : de sorte que les deux parois ont un léger évasement. La cheminée a 9 à 10 mètres d'élévation.

Quand on veut préparer le fourneau pour une fonte, on en remplit le fond, et tout l'encaissement en pierres qui forme l'avant-foyer et qui a 0m,57 de haut, avec une brasque fortement tassée. On règle ensuite la pente de cette brasque de manière à ce qu'elle monte, sur le derrière, au niveau de la tuyère (à 0m,92 au-dessus du sol), et à ce qu'elle arrive, sur le devant, au niveau de l'avant-foyer. Par suite de l'application de cette brasque, la hauteur du vide du fourneau se trouve effectivement réduite à 1m,14 sur le derrière, et à 1m,49 sur le devant, lequel est ensuite fermé avec un petit mur en briques de 0m,05 d'épaisseur, qu'on lie avec de la terre glaise. A la partie inférieure, on met, au lieu d'une brique, une plaque de fonte nommée la *firvente;* on pratique au-dessus une ouverture carrée de 0m,19 de côté, qu'on appelle *l'œil,* et qui se ferme avec un morceau de brique.

Cela fait, on creuse dans la brasque le bassin dit *de réception*, de manière à ce qu'il dépasse la firvente de 0m,16. On lui donne 0m,41 de diamètre, et 0m,22 de profondeur; mais il s'agrandit pendant le travail. On trace sur le fond du fourneau de petites rigoles qui y aboutissent. Un autre bassin, dit *de percée*, plus grand que le premier, est aussi pratiqué dans la brasque, au pied du fourneau, sur le sol de la fonderie. Un trou incliné, que l'on débouche au moment de la coulée, établit la communication de l'un à l'autre.

La chemise ou doublure du fourneau, qui est en pierres de grès de 0m,27 d'épaisseur sur les côtés, et de 0m,34 dans le fond, a besoin d'être réparée à chaque fonte. Les pierres qui se trouvent dans le voisinage de la tuyère sont rongées et doivent être remplacées.

La brasque est composée de cinq parties de charbon de bois et d'une de terre glaise, le tout pilé et tamisé; on l'humecte un peu, et on la tasse fortement avec des pilons de fer.

L'air est lancé dans le fourneau par deux soufflets en bois, mus par une roue à augets de 4 mètres de diamètre. Les tuyères sont en fer; elles sont placées horizontalement à 0m,92 au-dessus du sol. La capacité de chacune des caisses est de 0m,65. Soufflets.

On passe au fourneau pendant la durée d'une fonte : Charge.

200	quintaux de schlich grillé.	(1).
12,5	litharge noire grillée.	
1	litharge riche.	
25	fonds de coupelle.	
1	*relavins*.	

On ajoute 20 quintaux de scories.

On forme sur le sol de l'atelier, au fur et à mesure qu'on en a besoin, une *schite* ou tas, composée de couches stratifiées de ces matières. On met ordinairement dans ces tas trois brouettes de schlich, neuf de scories, une bachasse de fonds de coupelle, une de litharge noire et une de litharge riche, ou de relavins.

(1) Ces matières proviennent du travail précédent. On porte la teneur des fonds de coupelle à 0,65 de plomb, et à 0,000625 d'argent. La richesse des *relavins* est estimée à 0,33 de plomb.

Travail. Avant de commencer la fonte, on chauffe le fourneau pendant douze à quinze heures, en y jetant plusieurs paniers (1) de charbon de bois, on entretient le feu de manière qu'il y ait toujours du combustible allumé sur les deux tiers de la hauteur. Cette préparation étant faite, on recharge cinq à six paniers de charbon par-dessus une bachasse de scories, puis un panier de charbon, et enfin, pour recouvrir le tout, deux bachasses de scories. Le fourneau est alors à-peu-près plein ; on donne le vent.

Les scories descendent graduellement en se fondant, et viennent se figer devant la tuyère, où elles forment un *nez*. On ne réussit pas toujours à former ce nez instantanément, il faut quelquefois ajouter des sables réfractaires, ou, sans cela, il se fond.

Au bout de trois quarts d'heure ou d'une heure à-peu-près, on met la deuxième charge, qui se compose de deux bachasses de scories, d'un panier de charbon par-dessus, et enfin de deux bachasses de la schite (2). On recharge ensuite, à-peu-près de trois quarts d'heure en trois quarts d'heure, en augmentant, au fur et à mesure que le fourneau devient plus chaud, le nombre de bachasses de la schite, qu'on porte jusqu'à sept ou huit ; mais cela n'a lieu que vers le troisième ou le quatrième jour. Alors aussi les charges se succèdent avec plus de rapidité de demi-heure en demi-heure.

On a soin de charger le charbon sur le devant

---

(1) Le panier de charbon pèse 23 kilogrammes environ.

(2) La bachasse de schite pèse à-peu-près 33 kilogrammes.

et la schite sur le derrière, afin de conserver le nez.

La durée de la fonte est à-peu-près de huit à dix jours, et on conduit le feu de manière que la chaleur aille en augmentant pendant les trois premiers jours, reste stationnaire les deux jours suivans, et décroisse ensuite.

Bientôt les scories entrées en fusion et le plomb réduit coulent dans le premier bassin (1) et le remplissent. On ne laisse pas les scories fluer d'elles mêmes sur l'avant-foyer ; mais dès que leur surface vient à se figer, l'aide fondeur, passant sa spadèle par-dessous, soulève la plaque et la lance sur le tas.

Au bout de six à sept heures, le bassin de réception est presque entièrement rempli de plomb. On établit alors la communication avec le bassin de percée, au moyen d'une barre de fer, dite *stik*. Aussitôt que le métal s'est tout entier écoulé, on rebouche la communication avec un tampon conique, fait avec la matière de la brasque. On laisse refroidir le bain de plomb jusqu'à ce qu'il ne soit plus rouge, alors on enlève les scories qui le surnagent. Quant aux *mattes*, il ne s'en forme que fort peu, et que l'on se contente d'écumer grossièrement, après quoi, l'on coule dans les lingotières.

C'est après la coulée qu'un des ouvriers s'occupe à nettoyer le fourneau. En passant le stik par le vide qui existe alors sous la firvente, il

(1) On forme tout autour des bords un bourrelet en sable mouillé, pour augmenter la profondeur du bassin, afin que le métal et les scories aient plus de temps pour se séparer.

gratte pour détacher les *loups* qui peuvent adhérer aux parois, et les retire. Dans le cas où les masses sont trop considérables pour sortir par-là, il peut en résulter engorgement, alors on charge pendant quelques instans en charbon seulement, pour tâcher d'en déterminer la fusion : si on n'y réussit pas, on laisse descendre la charge, on arrête les soufflets, et on ouvre l'œil pour nettoyer complétement le fourneau. Cet accident entraîne beaucoup de frais; mais il arrive rarement.

Quand les matières à fondre sont épuisées, on jette dans le fourneau deux ou trois charges de scories pour opérer la fusion de tout ce qui peut y rester; puis, quand elles sont descendues au-dessous de la tuyère, on arrête le vent, et on ouvre l'œil pour nettoyer l'intérieur. Les masses qu'on en retire, mélangées de schlich, de matte, de fer, de charbon, sont cassées au marteau à la main, et lavées dans une caisse allemande : c'est ce qui donne les *relavins*, que l'on passe au fourneau à manche.

Quand le fourneau va bien, son nez est de $0^m,20$ à-peu-près ; quand il est trop long (et on s'en aperçoit facilement parce que la flamme sort abondamment par-dessous la tirvente), un ouvrier monte sur une échelle placée sur le devant du fourneau, et essaie de le casser avec un long stik, ou bien on tâche de le faire fondre, en chargeant fortement en charbon sur le derrière; quand il est trop court, on l'allonge de la même manière qu'on l'a formé, en chargeant en scories.

Résultats. La durée d'une fonte est de huit à dix jours.

Le produit d'une fonte est de 120 quintaux de plomb d'œuvre à-peu-près.

Il sort du fourneau environ 125 quintaux de scories.

On consomme 112 quintaux de charbon de bois, y compris le déchet, qui est de 6 quintaux.

On emploie six ouvriers; savoir : deux maîtres, deux aides et deux sous-aides (1); ils sont divisés en deux postes travaillant, chacun, douze heures.

Il entre dans la brasque pour 5 francs 50 centimes de matériaux.

Il faut onze journées pour la préparation de cette brasque, pour le cassage des abstrichs et des fonds de coupelle, pour le cassage et le lavage des relavins, et pour le nettoyage du fourneau.

La réparation du fourneau après chaque fonte, tant en pierres qu'en main d'œuvre, peut coûter 10 francs.

On estime qu'il en coûte, moyennement, 8 francs 41 centimes pour tirer le plomb d'œuvre d'un quintal métrique de schlich cru.

§ 4. *Affinage du plomb d'œuvre.* — Le fourneau de coupelle a intérieurement $2^m,38$ de diamètre, excepté du côté de la chauffe, où le cercle est un peu tronqué, et où le diamètre est réduit à $2^m,25$. La cheminée s'élève de $5^m,50$ à-peu-près. Fourneau de coupelle.

L'ouverture par laquelle arrive le vent de la machine soufflante, et l'embrasure de la voie de litharge, sont placées diamétralement en face l'une de l'autre, la dernière étant à $1^m,38$ de la bouche de la chauffe. Une communication est établie de la

(1) Quatre ouvriers suffiraient à ce travail.

cheminée à la voûte de cette embrasure pour le dégagement des vapeurs plombeuses (1).

La voie de litharge a plus d'un mètre de longueur, suivant un plan incliné de 12 à 15 degrés environ. Elle a, à l'extérieur, un mètre d'ouverture, et va en se rétrécissant dans l'intérieur, où elle se réduit à $0^m,32$ seulement.

De grands canaux d'évacuation de $0^m,32$ en hauteur et en largeur s'entre-croisent sous le milieu du fourneau ; on en pratique au-dessus de plus petits, de $0^m,09$. Au niveau de ces derniers, on place un lit de scories, sur lesquelles on étend de la terre glaise, que l'on bat très-fortement, après l'avoir laissée bien sécher : c'est là-dessus qu'on établit les fonds de coupelle.

Cendres. Les cendres qui entrent dans la composition de la coupelle sont préalablement soumises à la préparation suivante.

On les détrempe d'abord dans une cuve remplie d'eau froide ; on les en retire ensuite avec un petit baquet, que l'on vide sur un tamis à mailles très-serrées, disposé au-dessus de la cuve à lessive, afin de séparer la plus grande quantité possible de charbon ; puis on décante l'eau froide, et on la remplace par de l'eau chaude. Quand la lessive est faite, on retire les cendres, et on les jette dans une caisse, où elles s'égouttent : de là on les porte au calcinage dans un four à réverbère ovale, ayant $1^m,87$ de longueur sur $1^m,62$ de largeur.

---

(1) Cette communication étant très-étroite, la hotte étant trop peu spacieuse, et le tirage n'étant pas assez actif à cause du peu d'élévation de la cheminée, il arrive qu'une grande partie des vapeurs se répand dans l'atelier et incommode les ouvriers.

Au bout de vingt-quatre heures, quand le four a été porté au rouge, cette première cuisson est terminée. On retire alors les cendres, et on les met dans une autre cuve, où on les lessive de nouveau ; de là on les jette dans la caisse, où elles s'égouttent ; enfin on les reporte au four, et ainsi de suite jusqu'à trois fois.

Les cendres étant ainsi préparées, on les mélange avec un cinquième de cendres bien tamisées d'os calcinés et moulus. On humecte le tout de manière à en former une pâte qui puisse se peloter dans la main sans s'y attacher, et c'est avec cette pâte qu'on forme la coupelle, en la tassant fortement avec des pilons de bois garnis d'une calotte en fer, et qu'on a soin de faire chauffer de temps en temps. On commence à battre la terre au centre, en gagnant progressivement vers la circonférence et jusque dans l'entrée de la voie de litharge, et on recommence cette manoeuvre jusqu'à ce que la terre ait été tellement comprimée, qu'on ne puisse pas y faire la moindre empreinte en y appuyant fortement le doigt ; puis on laisse sécher la coupelle pendant une nuit. Formation de la coupelle.

La machine soufflante est une trompe de l'espèce de celles qui reçoivent l'air par des ouvertures latérales. Elle a 9 mètres depuis le point où l'eau entre dans le tuyau de chute, jusqu'à celui où cette eau sort de la caisse à air. Le tuyau a à-peu-près 0m,27 de diamètre à son embouchure; l'étranglement se trouve à 2m,27 au-dessous. Les premiers soupiraux, au nombre de cinq, sont placés à 2m,60 du haut de la trompe : ce sont des trous cylindriques obliques de 0m,54 de diamètre ; cinq autres sont placés à 0m,08 plus bas. Trompe.

L'air lancé par une tuyère en fer, dont l'orifice a 0m,041 de diamètre, est ensuite dirigé et éparpillé sur la surface du bain, au moyen d'une sorte de pelle de fer appelée *papillon*. A mesure que le bain s'abaisse, on fait baisser le papillon en même temps, en relevant son manche.

Charge. La charge du fourneau de coupelle se compose de 60 quintaux environ ; c'est-à-dire qu'on passe en deux affinages le plomb riche obtenu dans la fonte précédente.

Travail. La coupelle étant préparée comme nous l'avons dit plus haut, on y met un lit de paille, et par-dessus on range symétriquement les lingots de plomb à affiner. Cela fait, on place le chapeau, on le lute bien tout autour avec de la terre grasse, puis on commence à faire le feu dans la chauffe : ce feu doit être très-doux au commencement de l'opération, afin de chasser l'humidité peu-à-peu, sans quoi, il en pourrait résulter des accidens très-graves.

Bientôt le plomb entre en fusion, et peu après des crasses commencent à surnager ; on augmente alors le feu, et on remue fréquemment avec une râcle de fer ; enfin, quand tout est parfaitement fondu, on commence à faire jouer la trompe. A cette époque, l'ouvrier s'arme d'un râble en bois adapté à un manche de fer, pour tirer dehors les premières crasses ou premiers écumages : c'est ce qui forme les *abstrichs* ou *litharges noires*.

Lorsque ces premiers écumages ont été enlevés et que le bain est devenu bien rouge, il commence à se former à sa surface une petite pellicule de litharge, c'est environ dix-huit heures après le commencement de l'opération. Alors l'affineur, muni d'une barre de fer terminée par

une sorte de scie, fait une petite rigole dans les cendres de la voie, par où la litharge, chassée par le vent, vient couler sur le sol de l'atelier. Il est assez ordinaire que la première qui sort du fourneau entraîne avec elle quelques gouttelettes de plomb : c'est pourquoi on a soin de la mettre à part, aussi bien que toute celle qui, dans la suite du travail, paraîtrait en contenir (1) ; c'est ce qu'on nomme la *litharge riche*.

La *litharge marchande* est celle qui occupe l'intérieur des gros morceaux d'oxide de plomb, qui se coagulent en sortes de stalactites. Ces gros morceaux, en se refroidissant, se rompent, et on trouve leur intérieur devenu friable, et rempli de petites lamelles brillantes d'un rouge de brique, tandis que l'enveloppe est jaune (2).

Le reste forme la *litharge ordinaire*.

Pendant la sortie de la litharge, l'ouvrier est muni d'un crochet, avec lequel il enlève les matières qui s'attachent au fond de la rigole.

Lorsque le bain n'est plus recouvert de litharge, ce dont on est averti par la diminution des fumées, et parce que quelquefois il coule du plomb, l'affineur ferme la rigole avec des cendres humectées, qu'on a soin de tenir près de lui dans une caisse, et qu'il tasse fortement en appuyant dessus avec le dos de son crochet ; il ne la r'ouvre ensuite que quand il s'est formé de

(1) C'est sur-tout vers la fin de l'opération qu'il est très-important d'avoir attention à cela, parce qu'alors le plomb est très-riche en argent.

(2) Il paraît qu'on obtient d'autant plus de *litharge marchande*, que l'avancement de la voie des litharges est plus considérable.

nouvelle litharge. Au fur et à mesure, la voie se baisse, et il faut augmenter le feu, qui doit être très-vif sur la fin.

Au bout de cinquante-huit à soixante heures, le bain s'est totalement dépouillé, l'éclair a paru. On remet encore un peu de bois pour donner un dernier coup de feu, qui commence en quelque sorte le raffinage ; mais bientôt on arrête le vent, et on retire de la chauffe le bois qui s'y trouve. Après avoir attendu un quart d'heure pour que la surface du bain se soit refroidie, on dispose un petit chenal à la place du canon de la trompe, et par là on fait tomber de l'eau sur le bain pour le refroidir entièrement. Bientôt on détache le gâteau de la coupelle, en passant en dessous un outil terminé en forme de ciseau, et trois hommes, le tirant avec des crochets, le font sortir de champ par la voie des litharges. On le porte alors sur un banc pour le nettoyer et le laver ; sa surface supérieure est toute garnie de petites végétations. On le coupe en deux parties, on le pèse, et on voit si le poids répond à l'essai en petit, en tenant compte de ce qui peut rester dans les autres produits.

Cela fait, on ôte le chapeau, et après avoir laissé refroidir le fourneau pendant quinze à vingt heures, on enlève les fonds de coupelle.

L'imbibition ne va guère qu'à 0,m06 de profondeur. Les cendres non imbibées sont de nouveau tamisées, et resservent à l'affinage suivant. Le fourneau se trouve généralement peu endommagé, si ce n'est dans la garniture intérieure en briques, qu'il est nécessaire de ragréer de temps en temps.

Résultats. La durée d'un affinage, depuis la mise en feu

jusqu'à la sortie du gâteau d'argent, est de soixante heures environ.

Un affinage fournit les produits suivans :

Une plaque d'argent de 28 kilog. 15.	
Abstrichs ou litharges noires.	7 quint.
Litharge riche.	0,5
Litharge ordinaire	33
Litharge marchande..	12,5
Fond de coupelle.	12,3

Plus une certaine quantité de *fumées de plomb*, recueillies sur les parois du fourneau et dans la cheminée.

La consommation en bois est de 41q.,5.

On emploie cinq ouvriers; savoir : deux maîtres, deux aides, et un manœuvre, qui est occupé à transporter le bois à l'atelier, et qui ne travaille que le jour. Les quatre autres sont divisés en deux postes, travaillant chacun douze heures.

On peut évaluer à 251 fr. 74 cent. la dépense d'un affinage, consistant dans les articles suivans :

Valeur de la coupelle.				
Achat des cendres.	79 fr.	20 c.	168 f.	09 c.
Passage des cendres. { 15 journées. . 18 f. 16q.,5 de bois.24 1,25 de houille. 4,20 }	46	20		
Achat des os..................	25	»		
Calcination et mouture des os, 9 journées.	11	81		
Préparation de la coupelle, 2 journées de 2 ouvriers	5	88		
Travail.				
41,5 quintaux de bois.	60	»	81	11
3 journées de 4 fondeurs et un manœuvre.	21	11		
Démolition de la coupelle, 2 journées.	2	54	2	54
	Total. . . .		251 f.	74 c.

Fourneau.

§ 5. *Raffinage de l'argent.* — Le raffinage s'exécute dans un petit four à réverbère circulaire ; mais, dans celui-ci, c'est la voûte ou le chapeau qui est fixe, et c'est au contraire le fond ou la coupelle qui peut se placer et s'enlever à volonté. A cet effet, deux barres de fer sont établies en dessous, et à 0,^{m}19 de la naissance de la voûte ; elles sont destinées à supporter la coupelle, et en chassant des coins de fer entre cette dernière et ses supports, on parvient à la faire appliquer exactement contre le chapeau. Le fourneau a, sur le devant, une porte de 0^{m},32 de largeur sur 0^{m},19 de hauteur ; il n'y a pas de machine soufflante.

Coupelle.

La coupelle est faite avec des cendres préparées, ainsi qu'on l'a vu plus haut, fortement tassées dans une carcasse, qui consiste en un cercle de fer de 0,^{m}60 de diamètre sur 0^{m},11 de hauteur, et dont la base est traversée par deux bandes de fer. On forme à la surface supérieure un creux de 0^{m},027 à 0^{m},040 de profondeur, suivant le poids de la plaque qu'on veut raffiner. Cela étant fait, on place la coupelle sur les supports ; on la serre comme on l'a dit tout-à-l'heure, et on la lute soigneusement avec de la terre glaise.

Travail.

On fait un raffinage pour chaque affinage ; mais c'est dans la même coupelle qu'on passe les deux plaques des deux affinages d'une même fonte. On choisit pour cette opération le bois le plus sec, celui qui donne le plus de flamme.

Après avoir fait chauffer la coupelle pendant trois ou quatre heures pour la dessécher, on y introduit la plaque, coupée en morceaux ; puis on bouche la porte du fourneau avec trois briques, en y laissant seulement un *œil* de 0^{m},054. Cela

étant, on allume le feu, et on le pousse graduellement jusqu'à ce que le métal entre en fusion, ce qui n'arrive guère qu'au bout de deux heures : alors la litharge vient surnager le bain, et l'ouvrier, armé d'un crochet de fer qu'il a soin de chauffer préalablement, remue fréquemment pour faire oxider tout le plomb. Au bout de quatre heures, la surface paraît plus claire, la litharge devient plus rare, et bientôt elle disparaît tout-à-fait. On entretient encore le feu pendant quelque temps pour procéder au lingotage; ce qui se fait en puisant dans la coupelle avec des cuillers de fer, et en versant dans des lingotières chauffées à l'avance. Aussitôt que l'argent est refroidi, on le poinçonne, et on en enlève une languette pour faire l'essai du titre (1).

Une plaque de $28^k,15$ donne $27^k,55$ d'argent fin au titre de 0,9965. Résultats.

Un seul ouvrier est employé au raffinage, c'est le *peseur*.

---

(1) Ce n'est que depuis le commencement de 1821 qu'on emploie ce mode de lingotage. Auparavant, on enlevait l'argent en pelotes, au bout d'une baguette de fer, qu'on plongeait dans le bain, et qu'on immergeait ensuite dans un baquet plein d'eau pour les en détacher; puis ces pelotes étaient refondues dans des creusets de plombagine chauffés dans des fourneaux à vent, et c'est après cette refonte qu'on lingotait. La méthode actuelle fait évidemment gagner du temps et du combustible; mais je pense que le mode employé à Poullaouën (voyez le mémoire de MM. Beaunier et Gallois, *Journal des Mines*, tom. XVI, page 217 et suivantes), est encore préférable, en ce qu'il évite absolument le transvasement d'une matière aussi pesante que l'argent, et dont les moindres pertes sont importantes.

On consomme 5 quintaux de bois. La coupelle vaut environ 5 francs 50 centimes.

Fourneau. § 6. *Revivification des litharges ordinaires en plomb marchand.*— La revivification des litharges s'opère au fourneau à réverbère (1). Ce fourneau est le même que celui employé aux grillages, seulement on a pratiqué un creux vers l'extrémité de la sole pour y recevoir le plomb, qui de là s'écoule, par un trou incliné, dans un bassin situé au niveau du sol de l'atelier, à l'angle du fourneau. Pendant l'opération, on a soin de recouvrir ce conduit de charbons rouges pour l'entretenir toujours chaud.

Travail. On fait une revivification pour deux fontes. La charge du fourneau est de 10 quintaux environ.

Après avoir fait chauffer le fourneau pendant plusieurs heures, et dès qu'il est bien rouge, on y projette la litharge par la première et la troisième porte, avec un quart de menu charbon. On étend ce mélange sur l'aire, en l'accumulant de préférence près de la chauffe, alors on augmente le feu, et on jette même quelques bûches dans le fourneau, vis-à-vis la porte du milieu. On l'entretient ainsi pendant une heure ou une heure et demie; après quoi, on commence à remuer les matières avec des spadèles en fer, par les première et troisième portes. On s'aperçoit déjà que le plomb commence à couler; on augmente en-

(1) Ce n'est que depuis 1785 qu'on a introduit cette méthode, qui est pratiquée à Poullaouën. Avant cette époque, on revivifiait au fourneau à manche; mais on n'obtenait, dit-on, que du plomb aigre.

core le feu, et, peu de temps après, on retourne encore le mélange. Alors le plomb ruissèle de toutes parts; on débouche le trou de la coulée; ensuite on ferme les portes extrêmes; on jette des bûches allumées par celle du milieu, et on continue à remuer de demi-heure en demi-heure. Pendant tout ce temps, le plomb coule continuellement; mais au bout de cinq heures à-peu-près, on s'aperçoit qu'il ne vient presque plus rien, alors on repousse les crasses dans le fond du fourneau, et on y introduit une seconde charge de 10 quintaux, etc. On ne retire ces crasses que toutes les vingt-quatre heures. Les soles des fourneaux de revivification sont repassées au fourneau à manche, comme il va être dit pour les crasses blanches.

Résultats.

L'opération totale dure quatre jours, pendant lesquels on passe environ 132 quintaux de litharge, qui donnent généralement 80 pour 100 de plomb doux, et 14q.,5 de crasses.

La quantité totale de plomb obtenue, y compris ce que rendent les crasses, va, au plus, à 88 ou 90 pour 100.

On emploie à ce travail deux postes d'ouvriers, composés, chacun, d'un maître, d'un aide, d'un sous-aide et d'un manœuvre; ces deux derniers sont particulièrement occupés à lingoter le plomb, en ayant soin d'enlever les écumages de la surface, écumages qui sont immédiatement repassés au fourneau.

On consomme 45q.,5 de bois et 7q.,5 de houille. La quantité de charbon de bois employée à la réduction est de 23 quintaux.

D'après cela, on peut évaluer, comme il suit, les dépenses d'une revivification de litharges:

45q.,5 de bois	66 fr.	273 fr.
7,5 de houille	25	
23 de charbon de bois	140	
4 journées de huit fondeurs	42	

§ 7. *Fonte des crasses blanches de litharges.*— Les crasses blanches sont fondues au fourneau à manche, comme le schlich grillé. On les mélange avec six fois leur poids de scories riches ; le plomb qui en résulte est *aigre*.

On réunit dans une fonte de crasses blanches toutes celles fournies par trois revivifications : c'est environ 43q.,5, qui rendent sur le pied de 81 de plomb pour 100 (1).

On consomme à-peu-près 78 quintaux de charbon. Le travail dure six jours.

D'après cela, les dépenses d'une fonte de crasses peuvent être évaluées ainsi qu'il suit :

78 quintaux de charbon	472 f.	50 c.	544 f. 16c.
6 journées de six fondeurs	49	16	
5 journées pour la préparation et le nettoyage du fourneau	7		
Valeur de la brasque	5	50	
Réparation du fourneau	10		

Produits marchands de la fonderie. Litharge.

§ 8. *Produits et consommation. Résultats généraux.* — La litharge marchande est, comme il a été dit plus haut, celle qui se trouve en belles paillettes brillantes, rouge de brique, occupant le centre des gros morceaux : pour la rendre propre à être versée dans le commerce, on a soin de la passer à travers un tamis de laiton, qui en sépare les fragmens de litharge ordinaire qui pourraient la souiller.

(1) Les crasses fondues sans l'addition de scories riches ne rendaient, dit-on, que 71 de plomb pour 100.

Cette litharge se vend 74 fr. 88 cent. le quintal métrique.

Les plombs sont livrés à deux états différens ; en gros saumons de 40 à 45 kilogrammes, ou en gerbes composées de petits lingots de 2 ou 3 kilogrammes. On les vend 74 fr. 88 centimes. Plombs.

Le plomb aigre est d'un gris plus clair que le plomb doux, il se vend 72 francs 46 centimes le quintal.

L'argent, à $0^{m},9965$ de fin, est mis en lingots de 8 à 10 kilogrammes, il se vend de 204 à 216 francs 50 centimes le kilogramme : on l'expédie à Paris. Argent.

L'écoulement des produits ne se fait pas, en général, avec beaucoup de facilité, vu la position géographique de Villefort. Ce sont Lyon, Clermont et Montpellier, qui offrent les principaux débouchés pour la litharge. Quant aux plombs, ils ne peuvent guère, du côté du sud-est, dépasser Alais, à cause de ceux qui arrivent de l'étranger par Marseille : on en envoie cependant quelquefois à Avignon ; mais c'est au Puy et à Clermont qu'ils vont le plus habituellement. Débouchés.

Il y a quelques années que l'on convertissait une partie du plomb doux en grenaille de chasse (1) ; mais le débit de cette matière était peu considérable, parce qu'on ne pouvait pas parvenir à donner aux grains la forme parfaitement Plomb granulé.

(1) Le plomb aigre étant celui que l'on place le moins facilement dans le commerce, ce serait celui-là qu'il faudrait granuler de préférence : c'est ainsi que cela se pratiquait à Pesey. (Voy. *Annales des Mines*, tom. Ier., p. 301 et suivantes.)

sphérique, qui est recherchée dans le commerce. Aussi ne se livre-t-on plus maintenant à la fabrication du plomb de chasse; cependant M. Mosnier-Chapelle, ayant trouvé le moyen de surmonter la difficulté qui avait contraint à l'abandonner, se propose de la reprendre incessamment.

On fondait le plomb doux dans un petit four à réverbère circulaire; ensuite, après avoir écumé les crasses de la surface, on ajoutait de l'orpiment (670 grammes environ sur 2 quintaux de plomb), qu'on retenait au fond du bain avec un outil en fer, jusqu'à ce qu'il fût entièrement fondu. On grenaillait en faisant tomber le plomb d'une petite hauteur.

Combustible.

On consomme, dans une année, à la fonderie de Villefort environ 5000 quintaux métriques de bois de hêtre, et 1250 quintaux de charbon de bois. Ces combustibles viennent des forêts qui couvrent la Lozère, c'est-à-dire de 5 kilomètres à-peu-près.

On consomme en outre 650 quintaux de houille, venant des mines de Portes, qui sont situées à 22 kilomètres environ sur la route d'Alais. Cette houille se vend 3 francs 38 centimes le quintal; mais, à l'avenir, elle sera fournie à 3 francs 2 centimes.

Le bois se paie, l'hiver, de 0f.95 à 1 franc 20 le quintal; en été, de 1 franc 10 à 1 franc 35, et quand il est extrêmement sec, il va jusqu'à 1 franc 45.

Le charbon de bois revient à 6 francs 4 centimes le quintal; savoir : 85 centimes pour la valeur de la coupe, et 5 francs 19 centimes pour les frais de carbonisation et de transport à la fonderie.

Le magasin aux charbons est adossé au flanc de la montagne, et dominé par une plate-forme bien pavée, sur laquelle on les étend lorsqu'ils arrivent des forêts, afin de s'assurer s'il n'y existe aucune étincelle. De là on les charge facilement dans le magasin, où on procède à leur classement en trois qualités. On sépare d'abord, au moyen d'un râteau, les plus gros morceaux, qui sont réservés pour la fonte ; le reste est ensuite tamisé, et le plus gros de cette portion-là est encore destiné à la fonte. Le résidu est utilisé pour deux objets : 1°. on l'emploie à la composition des brasques ; 2°. en le tamisant, on sépare le menu de la partie la plus grosse, qui sert pour la revivification des litharges. Quant à ce menu, on le disperse comme engrais sur les prairies.

Les ouvriers employés à la fonderie sont au nombre de dix-sept ; savoir : quatre maîtres fondeurs, à 42 francs par mois (composé seulement des jours ouvrables) ; deux aides, à 36 francs ; deux aides, à 33 francs ; deux sous-aides, à 30 francs ; deux manœuvres, à 30 francs ; un maître forgeron, à 48 francs ; un aide, à 33 francs ; un charbonnier, à 36 francs ; un lessiveur-gardien, à 36 francs ; un peseur-raffineur, à 36 francs. Ouvriers.

Le schlich a rendu, dans les années 1815, 1816, 1817, 1818, 56,25 de plomb pour 100 de schlich ; dans l'année 1819, 44 ; dans l'année 1820, 38 ; dans l'année 1821, 56,957 (1). Résultats généraux.

On fait ordinairement huit fontes dans un an,

---

(1) Cette étonnante variation ne peut sans doute pas provenir du traitement métallurgique, et pour l'expliquer il faut supposer que les schlichs n'ont pas toujours été amenés au même degré de pureté, soit que cela doive être at-

et jamais on n'en a fait davantage, le bocard n'ayant jamais pu fournir à une fabrication plus considérable.

Schlichs grillés.

CHAPITRE 2. *Essais et analyses des produits métallurgiques.* — J'ai trouvé les schlichs grillés composés comme il suit :

	1°.	2°.	3°.
Galène	0,468	0,045	0,050
Sulfate de plomb	0,120	0,144	0,076
Oxide de plomb	0,094	0,546	0,797
Sulfate de fer	0,088	0,022	
Oxide de fer	0,010	0,090	} 0,016
Oxide de zinc	0,018	0,014	
Chaux et magnésie	0,068	0,024	
Alumine	0,034	0,005	0,061
Silice		0,056	
Gangue insoluble	0,098	0,024	
	0,998	0,970	1,000

1°. Mélange de 1q.2, schlich pur et criblé et 5q. de schlich, retiré du fourneau après six heures de grillage. Après douze heures de grillage, le même mélange contient 0,45 d'oxide de plomb.

2°. *Id.* complétement grillé. La silice et l'alumine sont combinées avec l'oxide de plomb.

3°. Schlich grillé et mélangé, tel qu'on le passe au fourneau à manche. On a compris dans l'oxide de plomb une certaine quantité d'oxide d'antimoine que l'on n'a pas dosée.

Le rapport de l'oxide de plomb au sulfate est de 4 à 1 dans le deuxième schlich, et de 10 à 1 dans le troisième.

Abstrichs ou litharges noires.

Les abstrichs perdent leur couleur noire, et augmentent de 0,02 de leur poids lorsqu'on les

---

tribué à la négligence, soit que, par la nature et l'abondance des gangues, le lavage ait réellement présenté plus de difficultés à une époque qu'à une autre.

chauffe jusqu'à dessiccation avec de l'acide nitrique; ce qui prouve qu'une petite portion des métaux qu'elle renferme est privée d'oxigène, et combinée avec le soufre. L'analyse a donné :

	Abstrichs crus.	Abstrichs grillés.
Oxide de plomb.....	0,774	0,734
Sulfate de plomb....	0,026	
Carbonate de plomb..	0,020	
Oxide d'antimoine ...	0,176	0,158
Soufre.............	0,004	
Matières terreuses...		0,048
Acide carbonique, etc.		0,060
	1,000	1,000

Le plomb aigre renferme 0,024 d'antimoine, 0,020 de zinc et une trace de cuivre. Plomb aigre.

Les fumées de plomb qui se volatilisent dans l'affinage, et qui se déposent dans la cheminée, ont la composition suivante : Fumées de plomb.

Oxide de plomb	0,610
Oxide d'antimoine....	0,094
Matières terreuses, etc.	0,296
	1,000

J'ai trouvé dans deux scories, l'une, dite *riche*, provenant du fourneau à manche, et que l'on refond avec les crasses de litharges pour enrichir celles-ci; l'autre provenant de la fonte des crasses de litharges, les substances suivantes : Scories.

	Scories riches.	Scories des crasses.
Silice.........	0,4050	0,4180
Protoxide de fer.	0,2704	0,2200
Oxide de plomb.	0,0880	0,0700
Chaux......	0,1170	0,1320
Baryte	0,0755	0,0640
Alumine......	0,0375	0,0490
Magnésie.....		0,0080
	0,9934	0,9610

Richesse en argent.

Voici quelle est la richesse en argent des différens produits de l'affinage du plomb d'œuvre :

Plomb pris dans le bain de coupelle.	0,0054
Id. pris après l'enlèvement des abstrichs. . . .	0,0055
Abstrichs grillés.	0,0002
Plomb doux.	0,0002
Plomb aigre.	0,0003
Sole des fourneaux de revivification.	0,0001
Fumées de plomb.	0,0002

Sur la situation de la fonderie.

Chapitre 3. *Observations.* — On a vu que la fonderie avait été établie à Villefort pour les mines des environs, et non pour celles de Vialas, dont la découverte ne fut faite que postérieurement. Ce fut pour utiliser des constructions déjà existantes, et à cause de la plus grande abondance des bois à l'entour de Villefort, qu'on continua d'y fondre le minerai de Vialas, au lieu d'établir une fonderie à proximité de ces mines, quoique cet éloignement occasionnât une dépense annuelle de 7000 francs pour le transport du schlich. En effet, Dolomieu, consulté par les intéressés, en 1798, sur la question de la translation de la fonderie, pensa que les bénéfices de cette opération n'en balanceraient pas les frais, et que ce projet ne serait admissible que dans le cas où les bâtimens existans seraient à reconstruire (1); mais aujourd'hui les élémens de la question ne sont plus les mêmes : les forêts de la Lozère se dépeuplent, et chaque jour le bois devient plus rare et plus cher. L'intérêt particulier de l'établissement, aussi bien que l'intérêt général, exigera donc tôt ou tard, et sans doute très-prochainement, qu'on ait re-

(1) *Journal des Mines*, t. VIII, p. 602, etc.

cours à l'emploi du combustible minéral (1) : alors, en admettant que Vialas soit toujours le principal centre des exploitations, je pense que la fonderie ne devra plus être maintenue à Villefort, et qu'elle devra être rapprochée de Vialas pour deux motifs : 1°. pour que le transport du schlich soit moins coûteux ; 2°. pour la rapprocher en même temps des mines de houille de Portes, qui fournissent déjà à l'usine la petite quantité de ce combustible qu'elle consomme.

Sur les essais.

Dans la méthode d'essai qui est usitée à Villefort pour apprécier la quantité de plomb renfermée dans les schlichs, le grillage est absolument inutile, et il vaudrait mieux fondre directement le schlich avec le flux noir. Au reste, cette méthode, comme toute autre par la voie sèche, ne donne jamais qu'une quantité de plomb de 0,12 à 0,06 au moins au-dessous de la vérité. Les analyses par la voie humide peuvent, seules, dans ce cas, donner un résultat exact, et c'est sans doute à l'inexactitude du procédé de la voie sèche qu'on doit attribuer cette circonstance singulière, que le résultat obtenu en grand en 1821 (0,56957), se trouve supérieur à la teneur (0,55) que donnent communément les essais faits à la fonderie.

(1) Les exemples de Tarnowitz, de MM. Blumenstein, et de M. Frèrejean à Vienne, etc., prouvent que le traitement des galènes argentifères peut très-bien se faire à la houille, employée à l'état cru au fourneau à réverbère et au fourneau de coupelle, et à l'état de coak au fourneau à manche (*).

(*) M. Mosnier-Chapelle, adoptant cette idée, a essayé, en 1823, et a parfaitement réussi à substituer, pour les opérations du fourneau à manche, l'emploi du coak à celui du charbon de bois. Le résultat de cette substitution a été de diminuer les frais de moitié, en ce qui touche le combustible.

Quoi qu'il en soit, comme les analyses de schlichs qui sont relatées dans la première partie n'ont point rapport à la moyenne des matières traitées à la fonderie, il s'ensuit qu'on manque des élémens indispensables pour arriver d'une manière exacte à la connaissance des pertes qui ont lieu, soit dans le grillage, soit dans la fonte, soit enfin dans l'ensemble du traitement métallurgique, et que par conséquent il est impossible d'asseoir un jugement précis sur le mérite de ce mode de traitement.

C'est ici le lieu de faire observer que, d'après l'usage où l'on est, à la fonderie, de rapporter la quantité d'argent à la quantité de schlich, il arrivera que quand le schlich sera bien lavé, il sera riche en argent, et que quand il sera mal lavé, il sera pauvre : c'est ainsi qu'on doit expliquer ce fait, que le schlich de Villefort tenait plus d'argent avant 1808 qu'aujourd'hui, fait qu'on expliquait en disant que le minerai s'appauvrissait dans la profondeur ; mais les essais faits par M. Marrot sur la galène pure ont prouvé qu'elle tenait toujours autant de fin, de quelque hauteur qu'elle provînt dans les filons. Il serait possible seulement que le minerai venant des ouvrages les plus bas se fût trouvé plus disséminé dans la gangue, et alors le lavage aurait été plus difficile, le schlich aurait été moins pur, et, partant, moins riche.

Sur le grillage du schlich.

La manière que l'on a adoptée de charger le fourneau par la voûte exige qu'on l'ait laissé préalablement refroidir pendant deux heures, d'où résulte une perte de temps et de combustible, et en outre elle nécessite une manœuvre laborieuse. Il faudrait donc renoncer à cette pra-

tique, et charger par les portes latérales du fourneau ; ce qui serait moins pénible et tout aussi expéditif, et alors il ne serait plus nécessaire de laisser aucun intervalle de temps entre la fin d'un grillage et le commencement de l'autre ; il n'y aurait d'ailleurs aucun inconvénient, quoiqu'on semble le craindre, à charger le schlich dans le fourneau encore rouge, car l'humidité qu'il renferme aurait promptement occasionné un assez grand refroidissement.

Il résulte des analyses des schlichs grillés, rapportées plus haut, qu'il n'y a qu'une très-petite quantité de galène qui échappe au grillage, et que la matière grillée ne contient que 0,09 à 0,20 de sulfate de plomb : d'où il suit que la désulfuration est à-peu-près complète. Cet effet est dû à ce que l'on tient le schlich exposé pendant long-temps (sept heures) à une chaleur incapable de le ramollir, en ayant soin de le remuer continuellement, et à ce qu'on ne donne le coup de feu qu'au moment où il s'est formé une quantité de sulfate de plomb assez grande pour que ce sel puisse, en réagissant sur la galène non encore grillée, la transformer tout entière en oxide de plomb.

Lorsqu'on grille les abstrichs en petit, elles deviennent jaunes de noires qu'elles étaient, ainsi que cela a lieu en grand; mais, en petit, elles augmentent sensiblement de poids, tandis qu'en grand elles éprouvent une diminution de 0,06 à 0,07 : cette perte est donc tout-à-fait mécanique. Si les abstrichs ne renferment jamais plus de soufre que celles que j'ai analysées, l'opération du grillage qu'on leur fait subir a bien peu d'utilité.

Sur le traitement des abstrichs.

Quoi qu'il en soit, il est évident que l'usage où

l'on est de les passer au fourneau à manche avec le schlich grillé est très-vicieux, d'abord parce que ces matières reportent indéfiniment dans les fontes une grande quantité d'antimoine, qui, comme on sait, altère la qualité du plomb, et en second lieu parce qu'elles ne contiennent presque pas d'argent et qu'elles appauvrissent l'œuvre.

Je crois donc que l'on fera bien de traiter désormais les abstrichs séparément. On pourra en extraire, 1°. du plomb débarrassé de la plus grande partie de l'antimoine qui serait très-peu aigre, et qu'on purifierait d'ailleurs aisément si on le jugeait nécessaire; 2°. du plomb très-antimonial, que l'on vendrait plus cher que le plomb doux, pour la composition des caractères d'imprimerie. Il faudrait pour cela fondre les abstrichs, mêlées de charbon, au four à réverbère, à une température basse, ou les passer au fourneau écossais, puis fondre les crasses très-antimoniales qui résulteraient de ces deux opérations, à une chaleur plus élevée, dans un fourneau à manche. Si l'on traitait immédiatement les abstrichs dans ce fourneau, il en résulterait du plomb très-aigre, mais qui serait moins chargé d'antimoine que celui qui proviendrait des crasses.

Sur la fonte. On a vu que la fonte au fourneau à manche ne produisait que fort peu de mattes. Ce fait remarquable résulte de ce qu'il n'y a que très-peu de galène qui échappe au grillage, et de ce que la matière grillée ne renferme que peu de sulfate. Ainsi, l'effet principal qui a lieu au fourneau à manche est la réduction de l'oxide de plomb par le contact du charbon rouge. Quant au sulfate et au sulfure qui se trouvent encore dans la

matière grillée, peut-être réagissent-ils l'un sur l'autre, comme cela a lieu au fourneau écossais, ou bien si, comme M. l'ingénieur Puvis le pense(1), ce sulfate est déjà ramené à l'état de sulfure avant d'arriver devant la tuyère, il faut supposer que le sulfure est ensuite décomposé par les matières ferreuses avec lesquelles il est mélangé. Les résultats de cette décomposition seraient sans doute ce qui constitue en grande partie les *loups* et les *relavins*; mais ces produits n'ont point été examinés.

Le mode de traitement pour la galène en usage à Villefort doit-il être préféré aux autres modes pratiqués dans différens pays? Des essais comparatifs peuvent, seuls, décider cette question.

Déjà, pendant l'été de 1821, on a tenté de fondre directement le schlich cru au fourneau à réverbère, en suivant la méthode de Pesey. La dépense faite pour tirer le plomb d'œuvre d'un quintal métrique de schlich s'est élevée à 12 francs 22 centimes, tandis que, par le procédé ordinaire, elle ne monte qu'à 8 francs 41 centimes. M. Furgaud, qui a dirigé les essais, ne pense cependant pas qu'on puisse en conclure que le procédé de Pesey soit moins avantageux que l'autre; il estime que les circonstances ont été peu favorables à la réussite de l'opération : ainsi le fourneau n'a pas pu donner une température assez élevée, et, de plus, les ouvriers n'avaient pas l'expérience de ce travail, en même temps qu'ils étaient remplis de mauvaise volonté. Méthode de Pesey.

Quoi qu'il en soit, il paraît qu'il serait facile d'extraire une certaine quantité de plomb du

(1) *Annales des Mines*, t. II, p. 460.

minerai de Villefort pendant le grillage : il suffirait sans doute pour cela de donner le coup de feu plus tôt qu'on ne le fait actuellement; car alors la galène, étant encore en grande proportion dans la matière, produirait du plomb métallique et non de l'oxide en réagissant sur le sulfate, mais peut-être aussi que, dans ce cas, les pertes par volatilisation seraient plus grandes.

Emploi du fourneau écossais.

Il serait aussi très-utile de faire quelques essais pour fondre le schlich grillé au fourneau écossais. Ce fourneau (1), comme on sait, n'est point coûteux à construire ; la conduite du travail y est facile, et les opérations qu'on y ferait, fussent-elles infructueuses, n'entraîneraient pas dans de grandes dépenses. D'ailleurs, il pourrait probablement être employé avec avantage pour traiter les abstrichs et les fonds de coupelle, et peut-être aussi pour revivifier les litharges.

Quel que puisse être le résultat de ces essais comparatifs, il est des raisons qui militent pour faire préférer le fourneau écossais au fourneau à manche, et que l'on peut exposer *à priori*.

Au fourneau écossais, la majeure partie du plomb coule à une basse température. Le reste se trouve dans les crasses, d'où on ne peut le dégager que par une chaleur beaucoup plus forte, et c'est pour cela qu'on repasse ces crasses au fourneau à manche. La plus grande partie du plomb se trouve donc ainsi soustraite à l'action de cette chaleur plus élevée du fourneau à manche, qui, dans le système actuel, en aurait

(1) *Journal des Mines*, tome XX, pag. 437 et suivantes. *Annales des Mines*, tome II, page 466 et suivantes.

volatilisé une portion (1); ce qui permet encore d'épuiser les scories plus qu'on ne le pourrait faire maintenant.

Remarquons toutefois que la fonte du schlich cru au fourneau à réverbère, et la fonte du schlich grillé au fourneau écossais, ne paraissent devoir être bien avantageuses que quand ces schlichs sont très-purs : autrement, le plomb a de la peine à couler, et il se forme une très-grande quantité de crasses. C'est là, en effet, ce qui est arrivé dans la fonte d'essai qu'on a faite à Villefort.

Quant aux fonds de coupelle; il me paraît désavantageux de les passer au fourneau à manche avec le schlich grillé, attendu que ce sont des matières peu riches en argent ; en sorte que l'effet de ce mélange est d'appauvrir les plombs d'œuvre et par suite de prolonger la durée de l'affinage, et conséquemment d'augmenter la perte par la volatilisation qu'occasionne ce travail ; cet usage, enfin, reproduit les inconvéniens que l'on trouve à la méthode de *filer*. Il serait donc préférable de fondre les fonds de coupelle séparément du schlich, et cette opération se ferait au fourneau à manche, ou, mieux encore, au fourneau écossais. Fonte des fonds de coupelle.

Si l'on compare les résultats d'un affinage de Villefort et d'un affinage de Pesey (2), on reconnaît que l'affinage de 6000 kilogrammes de plomb d'œuvre ne dure, à Pesey, que vingt-quatre heures ; tandis qu'à Villefort il demande Sur l'affinage.

(1) Cette considération est sur-tout importante lorsqu'on traite une galène riche en argent, comme à Villefort.

(2) Ces derniers ont été consignés par M. Berthier, dans les *Annales des Mines*, tome V, page 352 et suivantes.

soixante heures; que la consommation en bois est, dans la première localité, de 1520 kilogrammes de bois de sapin à 2 francs 50 centimes les 100 kilogrammes, tandis que dans la deuxième, elle est de 4150 kilogrammes de bois de hêtre à 1 franc 45 centimes les 100 kilogrammes; enfin que la dépense totale de l'affinage s'élève, à Pesey, à 122 francs 82 centimes, et à Villefort à 251 francs 74 centimes : au reste, c'est parce que l'affinage demande beaucoup moins de temps à Pesey qu'à Villefort, que la consommation en bois et les journées de main-d'œuvre sont aussi moins considérables dans le premier lieu que dans le second. Il est vrai que la moindre consommation de combustible tient aussi à ce que le fourneau de Pesey ayant des dimensions plus considérables, on y passait 18,000 kilogrammes à-la-fois, tandis qu'à Villefort on n'en passe que 6000. On diminuerait donc de beaucoup la dépense, si on parvenait à abréger la durée de l'affinage. Or, cette durée est évidemment fonction de la quantité d'air qui arrive dans un temps donné; la trompe ne fournit donc pas assez d'air : c'est qu'en effet, de toutes les machines soufflantes, les trompes sont celles qui consomment le plus d'eau pour donner une certaine masse d'air (1), et si au lieu d'employer la chute, comme on le fait actuellement, on l'appliquait à faire mouvoir des soufflets à piston, au moyen d'une roue à augets, l'effet produit serait beaucoup plus grand et l'affinage se ferait plus vite, et, partant, avec plus d'économie.

---

(1) *Journal des Mines*, tome XVI, page 43.

A Villefort, on revivifie la litharge au fourneau à réverbère ; à Pesey, cette opération se faisait au fourneau écossais (1): je vais mettre en parallèle les résultats principaux de ces deux modes de traitemens. Sur la revivification des litharges.

1°. Pour tirer le plomb d'œuvre de 1000 kilogrammes de litharge, on dépense,

A Villefort..............	34 fr.	44 cent.
A Pesey................	16	73

2°. On obtient

A Villefort. . . . . .890 kil. de plomb,
A Pesey. 906,7

3°. Il se forme

A Villefort. . . . . .109k,9 de crasses.
A Pesey.............. 43,6

4°. L'opération seule de la revivification coûte,

A Villefort.	20 fr.	70 cent.
A Pesey.	14	60

5°. L'opération seule de la fonte des crasses coûte,

A Villefort.	13 fr.	74 cent.
A Pesey.	2	13

6°. On consomme pour la revivification,

	Bois.	Charbon.	Houille.
A Villefort..	344k.70 . . .	174k.25. . . .	56k.80
A Pesey....	65 . . .	93k.35. . . .	»

7°. On consomme pour la fonte des crasses,

A Villefort...... 197 kilog. de charbon,
A Pesey 17,9

8°. La main-d'œuvre s'élève,

	Pour la revivification.	Pour la fonte.
A Villefort..	à 3 fr. 18 c.	à 1 fr. 81 c.
A Pesey....	à 3 74	à 0 35

(1) Les résultats de Pesey ont été consignés par M. Berthier dans les *Annales des Mines,* tome V, page 354.

Ces rapprochemens sont tout-à-fait à l'avantage du fourneau écossais.

Ils font voir que le principal excès de dépense est occasionné par la fonte des crasses, et que cet excès porte sur le combustible ; ce qui se conçoit bien, puisque la quantité de crasses est près de trois fois plus grande à Villefort qu'à Pesey, et qu'on les passe encore avec six fois leur poids de scories riches.

Ils font voir aussi que l'excès de dépense qui a lieu dans la revivification porte également sur le combustible.

Conclusion. J'ai dit plus haut que l'on manquait des élémens nécessaires pour arriver à la connaissance de la perte en plomb qu'occasionne le traitement métallurgique en usage à Villefort, et conséquemment pour apprécier exactement le mérite de ce travail ; mais on peut au moins avoir quelques aperçus à cet égard. Voici, en effet, un résultat positif, c'est le résultat obtenu en grand pour l'année 1821 ; il a été de 56,957 de plomb pour 100 de schlich. Quoiqu'on ne connaisse pas la teneur moyenne des schlichs de cette même année, admettons qu'ils contiennent tous autant de plomb que le plus riche d'entre eux, que le *pur et criblé*, qui a donné, à l'analyse, 59,5 de plomb, et nous conclurons que la perte est extrêmement faible. Malheureusement ce résultat n'est basé que sur des inductions ; mais ne suffit-il pas, au moins, pour qu'on puisse en inférer que la perte ordinaire n'est pas très-considérable, et que, par exemple, elle est moindre qu'elle n'était à Pesey, où elle s'élevait au cinquième du plomb total.

Sur les scories qui proviennent de l'affinage de la fonte de fer par la méthode anglaise.

Par M. P. BERTHIER, Ingénieur des Mines.

J'ai inséré dans les *Annales des Mines* (t. VII, pag 377) un mémoire dans lequel j'ai fait connaître la composition des scories de toute sorte que l'on obtient soit en traitant les minerais de fer par la méthode catalane, soit en affinant la fonte dans les foyers de forge. Dans ce mémoire, j'ai cherché aussi à faire voir que l'on pourrait tirer un parti très-avantageux de ces scories en les employant comme des minerais, et j'ai indiqué les différentes substances qui pourraient leur servir de fondans. J'ai examiné, depuis, les scories qui proviennent de l'affinage de la fonte au four à réverbère par la méthode anglaise, et j'ai trouvé que tout ce que j'ai dit des premières leur était applicable : leur composition est absolument la même, et quoiqu'elles soient en général un peu moins riches, elles le sont cependant encore assez pour que, dans bien des cas, on trouve du profit à les fondre dans les hauts-fourneaux en les substituant à des minerais même très-productifs.

L'affinage à l'anglaise produit trois sortes de scories : 1°. les scories de *finerie;* 2°. les scories de *pudlage*, et 3°. les scories de *chaufferie.* Je vais présenter, dans le tableau suivant, le résultat des analyses des unes et des autres, afin de faire connaître exactement leur richesse, et de donner aux métallurgistes le moyen de les com-

parer avec les scories de forges sous tous les rapports.

	Finerie.	Pudlage.				Chaufferie.		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8
Silice.	0,276	0,368	0,336	0,410	0,240	0,424	0,265	0,3
Protoxide de fer. . .	0,612	0,610	. . .	. . .	. . .	0,520	. . .	..
Alumine.	0,040	0,015	. . .	. . .	. . .	0,033	. . .	..
Acid. phosphorique.	0,072	. . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	..
	1,000	0,993	. . .	. . .	. . .	0,977	. . .	..
Fonte à l'essai. . . .	0,505	0,470	0,460	0,406	0,545	0,410	0,556	0,4
Oxigène et charbon.	0,164	0,147	0,130	0,115	0,159	0,130	0,154	0,1
Autres matières. . .	0,331	0,383	0,410	0,479	0,296	0,460	0,290	0,4

Ces scories ressemblent, toutes, aux scories de forges : elles sont d'un gris noir plus ou moins foncé, souvent métalloïde, tantôt compactes, tantôt cristallines ; elles agissent sur le barreau aimanté, et presque toujours assez fortement pour s'y attacher lorsqu'elles sont concassées en petits grains. Pour en faire l'essai par la voie sèche, on les a mélangées avec le cinquième de leur poids de carbonate de chaux.

(1) *Scories de finerie,* de Dudley en Angleterre. Boursoufflées, noires, un peu métalloïdes, présentant des indices de cristallisation dans les cavités. Elles contiennent une très-grande quantité d'acide phosphorique ; aussi la fonte qu'elles donnent, à l'essai, est-elle blanche, cristalline et extrêmement fragile. L'existence de l'acide phosphorique en proportion aussi considérable dans ces scories est remarquable ; elle confirme la

présomption que j'avais émise à cet égard dans mon mémoire sur les scories (pag. 402), et elle prouve que l'opération par laquelle on transforme la fonte en *fine metal* avant de la *pudler*, en la faisant fondre, sous le vent des soufflets, dans un foyer de mazerie, est de la plus grande utilité, sur-tout lorsque l'on affine de mauvaises fontes, puisque cette opération enlève à celles-ci une grande partie des substances qui nuisent à la qualité du fer. M. Sefstroêm, de Fahlun, paraît donc se tromper lorsqu'il avance, dans un mémoire qu'il a publié sur le traitement au haut-fourneau des scories d'affinage du fer (1), que ces scories ne peuvent jamais contenir d'acide phosphorique, et que celles qui proviennent des fontes qui donnent du fer cassant sont d'aussi bonne qualité que les meilleurs minerais. Je crois devoir insister sur ce point, d'abord parce qu'il est important pour la théorie de l'art, et ensuite parce qu'il intéresse les maîtres de forge d'une manière immédiate. M. Sefstroêm, se fondant sur ce que, selon lui, l'acide phosphorique ne peut, non plus que l'acide sulfurique, exister au contact du charbon, pense que lorsqu'on soumet de la fonte phosphoreuse à l'affinage, une partie du phosphore se concentre dans le fer, tandis que l'autre partie se dégage, en totalité, à l'état d'acide phosphoreux; et c'est uniquement d'après cette idée théorique, et contrairement à ce qui a été observé jusqu'ici dans toutes les usines, qu'il a formé son opinion sur la nature des scories; mais

(1) *Archives des mines de Kaesten*, t. VII, page 274. Nous insérerons un extrait de ce mémoire dans une des prochaines livraisons des *Annales*. *R*.

il est facile de voir que cette théorie n'est pas exacte : en effet, elle suppose entre l'acide sulfurique et l'acide phosphorique une analogie qui n'existe pas. Ces acides sont, à la vérité, décomposés, tous les deux, par le charbon quand ils sont libres ; mais ils ne se comportent pas l'un comme l'autre lorsqu'ils sont combinés avec une base ; les sulfates se réduisent très-facilement en sulfures par le charbon, tandis que beaucoup de phosphates se réduisent très-difficilement, ou sont même tout-à-fait irréductibles : la chaleur décompose la plupart des sulfates avec dégagement d'acide sulfureux et d'oxigène, mais elle n'altère pas les phosphates ; la silice facilite la décomposition des sulfates par la chaleur et les décompose tous, mais elle ne décompose aucun phosphate, et l'on observe fréquemment des combinaisons de phosphates et de silicates dans les produits des arts : il n'est donc pas contraire aux principes de la science que le phosphate de fer, une fois formé, se trouve, dans les scories, combiné ou mêlé avec le silicate du même métal. Reste à voir comment il se forme, et comment il se fait qu'il ne se réduise pas en phosphure : or on conçoit sans peine qu'il se forme et qu'il doit nécessairement se former à la première époque de l'opération, c'est-à-dire à l'époque durant laquelle la fonte tombe goutte à goutte, de toute la hauteur du foyer, à travers la masse d'air que lancent les soufflets : il se fait un véritable grillage ; mais il ne se dégage pas d'acide phosphoreux, parce que le phosphure renferme un grand excès de métal, et parce que ce métal, en s'oxidant, produit une base très-forte (le protoxide de fer), qui détermine l'acidifica-

tion complète du phosphore. Le phosphate de fer est réductible par le charbon, mais il ne l'est pas plus facilement que le silicate : on ne doit donc pas s'étonner que le premier de ces sels existe dans une circonstance qui ne permet pas au second de se réduire ; de plus, il faut remarquer que, dans un foyer de forge (et il en est à-peu-près de même dans un four à réverbère), trois causes concourent à produire l'effet qu'on y observe : 1°. la température qui résulte de la combustion, et qui peut être plus ou moins élevée; 2°. l'action réductive du charbon; 3°. et l'action oxidante de l'air. Ces trois causes agissent avec une énergie différente dans les différentes parties du fourneau, et c'est à tort que l'on paraît presque toujours admettre que l'action réductive est celle qui prédomine par-tout; la cause opposée est, au contraire, celle qui a l'avantage au centre des foyers d'affinerie. Si la fonte ne parvenait pas promptement au fond du foyer, elle se réduirait en totalité en oxide; un minerai de fer, fût-il tout-à-fait pur, que l'on jetterait au milieu d'un feu de forge, se fondrait et ne se réduirait pas. On peut, à volonté, dans un pareil foyer, oxider, réduire, fondre ou chauffer plus ou moins fortement : tout l'art de l'ouvrier consiste à savoir manœuvrer pour produire à propos l'un de ces effets. Dans une forge catalane, on place le minerai derrière une masse de charbon pour le réduire; puis on le porte au fond du creuset, au-dessous du vent, pour former la loupe et fondre les scories. Dans une affinerie, on fait passer la fonte liquide à travers le vent, pour brûler le carbone, le silicium, le phosphate, etc., et en même temps une partie du fer,

parce qu'on ne peut l'éviter, et on laisse ensuite le masseau se former au fond du foyer, etc. D'après ces observations, on concevra aisément, je crois, pourquoi les scories d'affinerie restent très-chargées d'oxide de fer, quoiqu'elles soient sans cesse au milieu des charbons, et par conséquent pourquoi elles contiennent du phosphate de fer qui ne se change pas en phosphure.

(2) *Scories de pudlage*, de Dowlais, près de Mertirthid-wils (pays de Galles). Compactes, noires-grisâtres, poussière grise olivâtre.

(3) *Scories de pudlage*, de l'usine de Charenton près Paris; semblables aux précédentes.

(4) *Scories de pudlage*, de l'usine de Fourchambault, près Nevers. Ce sont celles qui s'écoulent du four à réverbère : elles sont compactes, à cassure unie ou inégale, luisante ou cireuse, d'un gris olivâtre; elles ne présentent presque aucun indice de cristallisation; leur surface est d'un noir métalloïde très-éclatant. La couleur de la poussière est le gris olivâtre clair. Ce sont les moins riches de toutes celles que l'on obtient dans l'affinage, parce qu'elles restent pendant long-temps en contact avec le sable dont se compose la sole des fourneaux; ce qui leur permet d'absorber beaucoup de silice.

(5) *Scories de pudlage*, de la même usine, qui s'écoulent des masseaux lorsque l'on passe ceux-ci au laminoir; d'un noir métalloïde, à cassure fibreuse ou compacte. Elles sont beaucoup plus chargées de fer que les précédentes; l'affinage au four à réverbère n'en produit pas de plus riches : on conçoit aisément qu'il doit toujours en être ainsi, parce qu'étant pour ainsi dire imbibées dans des masses poreuses de fer, elles dissolvent

l'oxide, dont ce métal se recouvre par-tout où il a le conctact de l'air, aussitôt qu'il se forme.

(6) *Scories de chaufferie* de Dowlais (pays de Galles) : entièrement cristallines, composées de grandes lames entrecroisées, d'un gris noirâtre, un peu métalloïde; poussière d'un gris olivâtre.

(7) *Scories de chaufferie* de l'usine de Fourchambault : recueillies coulantes à l'extrémité d'un four à réverbère, dans lequel on chauffe les trousses pour les étirer; d'un noir très-métalloïde, compactes, mais présentant fréquemment des groupes de cristaux dans les cavités.

(8) *Scories de chaufferie* de l'usine de Forge-Neuve, près Decize (département de la Nièvre) : recueillies dans les mêmes circonstances que les précédentes; d'un noir métalloïde, boursoufflées, à cassure un peu cristalline.

Aucune de ces scories ne contient d'oxide de manganèse, il n'y en a pas même une trace dans les scories de finerie de Dodley; ce qui prouve que la fonte de ce pays n'en renferme pas non plus.

On peut remarquer que la richesse en fer des scories de toute sorte que l'on obtient dans le cours de l'affinage de la fonte au four à réverbère varie beaucoup. Cela tient à plusieurs causes, mais principalement à ce que la sole étant ordinairement formée de matières quarzeuses, les scories se chargent d'une quantité de silice d'autant plus grande, qu'elles ont séjourné plus longtemps sur cette sole. La quantité d'oxigène de la silice est à la quantité d'oxigène des bases à-peu-près :: 3 : 2 dans les plus pauvres et :: 2 : 3 dans les plus riches.

Il résulte du grand nombre d'analyses que j'ai

rapportées dans les *Annales des Mines* (voyez mémoire, t. VII, p. 377 et suivantes). que les scories de forges, en général plus riches que les scories de fours à réverbère, ont aussi une composition fort variable. Elles se rapprochent ordinairement du silicate B S et du sous-silicate B^2S; mais on en voit fréquemment qui renferment un tel excès de base, qu'il y a dans celle-ci jusqu'à quatre fois autant d'oxigène que dans la silice, et d'autres, au contraire, qui contiennent une si grande proportion de silice, qu'elles atteignent le terme de saturation des bisilicates BS^2. Ainsi, en comparant les termes extrêmes, on trouve que, pour une même quantité de silice, si la quantité d'oxigène contenue dans les bases de l'un est 1, la quantité contenue dans les bases de l'autre sera 8; entre ces deux termes, il existe une variété infinie de combinaisons, qui passent des unes aux autres par degrés insensibles, et ce n'est que rarement et comme par accident qu'elles prennent une composition rigoureusement atomique, si ce n'est, à ce qu'il paraît, dans les parties cristallines. La composition d'une masse de scories provenant d'une même opération varie même dans ses différentes parties, selon que celles-ci ont été exposées à une température plus ou moins élevée, ou qu'elles se sont trouvées plus ou moins immédiatement en contact du fer ou du charbon, etc.

Quelques métallurgistes suédois qui semblent ne pas avoir connaissance des recherches multipliées qu'on a faites en France à ce sujet trouvent toujours, d'après leurs propres travaux, du moins à en juger par la manière dont ils s'énoncent, que, dans les scories, le rapport

de l'oxigène de la silice à l'oxigène des bases est très-simple, et s'accorde exactement avec des compositions en proportions définies. Peut-être n'arrivent-ils à ce résultat qu'en faisant des corrections ou des abstractions : alors ils voudraient seulement indiquer par là de quel degré de saturation se rapproche telle ou telle scorie par sa composition, ce qui peut être fort utile. S'il en était autrement, ce serait faire abus de la théorie des proportions définies, et donner une idée fausse des effets chimiques qui se produisent dans les fourneaux.

Note sur le sulfure d'antimoine argentifère et aurifère de Neu-Wied; par M. P. Berthier.

Le sulfure d'antimoine de Neu-Wied ne présente rien de particulier dans ses propriétés physiques. Il est presque compacte, et ne montre que çà et là des indices de cristallisation. On l'a rencontré dans le terrain de schiste argileux qui borde la Wittbach, rivière qui coule sur la rive droite du Rhin, et se jette dans ce fleuve près de Neu-Wied, à quelques lieues au-dessous de Coblentz. Le même terrain renferme des mines de plomb, que l'on exploite depuis long-temps, et qui alimentent l'usine d'Alshau. C'est M. Steffens, directeur de cette usine, qui a découvert le minerai d'antimoine aurifère, et qui en a fait peser un échantillon au laboratoire de l'École des Mines. Voici de quelle manière on a fait l'essai de ce minerai.

On en a fondu 100 grammes avec 800 grammes de litharge : on a obtenu un culot de plomb, pesant 272g, et une scorie très-fluide, d'un noir grisâtre et opaque. Le culot de plomb a été sco-

rifié, et on a coupellé le résidu : il a laissé un bouton d'un blanc d'argent pesant 66 milligrammes. On a aplati ce bouton, et on l'a traité par l'acide nitrique pur : il a donné un résidu rougeâtre d'un seul morceau, mais si petit, qu'il a été impossible de le peser; cependant, en le coupellant avec un peu de plomb, il a produit un petit grain d'un jaune très-éclatant, et qu'il a été facile de reconnaître pour être de l'or.

Pour vérifier ce résultat, on a mêlé ensemble 50 grammes de sulfure d'antimoine de Neu-Wied, 50g de carbonate de soude et 70g de nitre, et on a fait chauffer le mélange graduellement dans un creuset de terre. Le sulfure d'antimoine a été attaqué tranquillement et complétement par le nitre avant même que les matières entrent en fusion. Lorsqu'il ne s'est plus dégagé de gaz, on a donné un coup de feu pour faire fondre le tout, et on a placé par-dessus 20g de plomb d'orfèvre, réduits en feuilles de dimensions telles qu'elles recouvraient tout le bain. On a coulé dans une lingotière, et on a obtenu un culot de plomb pesant 15g et une scorie très-liquide, et ne retenant aucune grenaille métallique. Le culot de plomb ayant été coupellé a donné un bouton pesant 6 milligrammes; ce bouton, traité par l'acide nitrique pur, a laissé un résidu d'or évident, mais impondérable. Si l'on retranche des 6 milligrammes obtenus par la coupellation 1 milligramme d'argent provenant du plomb employé, il reste 5 milligrammes pour la quantité d'argent produite par 50g de sulfure d'antimoine. On voit, d'après cela, que le minerai de Neu-Wied contient 0,0001 d'argent = 1 gros 20 grains au quintal, poids de marc, et une trace d'or.

NOTICE

SUR

LE CHAUFFAGE DES EAUX MINÉRALES GAZEUSES,

EMPLOYÉ A ENGHIEN PRÈS MONTMORENCY,

ET A URIAGE PRÈS GRENOBLE;

Par M. Émile GUEYMARD, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Il existe en France beaucoup de sources d'eaux minérales gazeuses dont la température varie de 14 à 22° Réaumur. Dans cet état, elles ne sont pas applicables directement à l'usage habituel des bains et des douches, et il faut que l'art vienne au secours de la nature pour produire des résultats favorables.

Chargé, en 1823, de la recherche des eaux minérales d'Uriage et de la direction des travaux de l'établissement des bains, j'ai reconnu avec évidence que les Romains eux-mêmes employaient le secours des fourneaux pour augmenter la température des eaux minérales; ils faisaient de grands réservoirs, supportés sur des compartimens, dans lesquels la flamme du combustible circulait et communiquait sa chaleur à la masse du liquide. Les fonds de ces réservoirs étaient faits en pierres bien jointes; mais ce mode était sûrement défectueux et très-dispendieux.

Les moyens employés aujourd'hui laissent peu à désirer, tant sous le rapport de l'économie que sous celui de la conservation du gaz : je vais décrire ceux employés à Enghien près de Paris, et à Uriage, dans le département de l'Isère.

Le principe sur lequel est fondé le procédé d'Enghien est tiré de la différence de pesanteur spécifique de l'eau en raison de sa température : de là un mouvement ascendant et descendant lorsque l'on met en jeu l'action du calorique sur un point quelconque de la masse du liquide. Cette action est ici appliquée immédiatement sur une portion de la masse à échauffer.

Deux cuves en bois A, A' (*Pl.* VI, *fig.* 1 et 2) sont disposées sur un établi, laissant entre elles un espace pour y placer un fourneau BB, au milieu duquel se trouve une chaudière C, ayant quatre conduits ou tubes D, D, D', D', communiquant deux à deux avec les cuves ; *e*, *e'*, *f*, *f'* sont quatre robinets, pour établir, à volonté, une communication d'une cuve avec la chaudière ; celle-ci porte sur son couvercle une soupape de sûreté, pour prévenir toute espèce d'accident.

On remplit les deux cuves d'eau minérale, et naturellement la chaudière se remplit également. Si l'on veut chauffer l'eau de la cuve A, on ferme les robinets *f*, *f'*, tandis que ceux représentés en *e*, *e'* sont ouverts. Dès que la chaleur commence à se faire sentir, l'eau de la partie inférieure de la chaudière s'élève, passe par le tube supérieur D, et l'eau de la cuve vient la remplacer en descendant par le tube inférieur D. Après un certain temps, toute l'eau de la cuve a acquis la température nécessaire pour les bains et pour les douches, et on ferme les robinets *e*, *e'*, pour ouvrir les deux autres *f*, *f'*. Le même jeu s'opère dans la chaudière et dans la cuve A', et lorsque celle-ci est suffisamment chauffée, on ferme ses robinets, pour passer à la première.

On a dû remarquer que ce procédé est aussi

simple qu'ingénieux, et qu'il peut recevoir une infinité d'applications dans les arts: je dois seulement faire observer qu'il faut construire le fourneau de manière à ne pas chauffer trop vigoureusement la chaudière; sans cette précaution, il y aurait à craindre des espèces de secousses, et alors on pourrait séparer une portion du gaz que renferment les eaux minérales.

N'ayant à Uriage que de l'anthracite pour le chauffage des chaudières, l'observation que je viens de faire m'a déterminé à employer un autre moyen, qui m'a réussi au-delà de toute espérance. Le principe est toujours le même; mais le mouvement ascendant et descendant est produit par une lentille chauffée à la vapeur d'eau.

J'ai disposé le bâtiment, à Uriage, de manière à pouvoir donner trois cents bains ou douches par jour. Les eaux ont de 18 à 20 degrés Réaumur, et l'appareil que je représente ici suffit pour le chauffage de trois cents bains: il consiste en deux cuves et deux chaudières, je vais en donner la description.

AA (*fig.* 3 et 4), fourneau renfermant une chaudière B, en fonte, dans laquelle on met de l'eau ordinaire jusqu'aux deux tiers de sa hauteur. On place sur le couvercle de cette chaudière une soupape de sûreté, servant en même temps à introduire de l'eau quand on veut faire jouer l'appareil; le couvercle est fixé à sa chaudière avec le mastic d'Aquin.

C, tuyau en plomb portant les vapeurs d'eau dans une lentille DD, en fonte, placée au fond de la cuve; EE, tuyau en plomb ramenant les vapeurs condensées dans la chaudière.

FF, tuyau en zigzag, pour laisser échapper les vapeurs si elles arrivaient en trop grande quantité.

G, cuve remplie d'eau minérale, et fermée par un couvercle en bois.

Les eaux minérales sont amenées dans la cuve par un tuyau en plomb, qui se trouve au niveau du dessus de la cuve; d'autres tuyaux sont placés au milieu et au fond de la cuve, pour porter les eaux chaudes dans les baignoires.

Ces deux appareils sont conduits par un seul ouvrier, chargé du jeu de tous les robinets et du chauffage. Ils consomment par jour 225 kilogrammes d'anthracite, et fournissent de l'eau pour trois cents bains ou douches à la température ordinaire, dans le même espace de temps.

Ces deux appareils ont donné, en 1823, dans l'espace de quelques semaines, environ huit mille bains ou douches, sans aucun dérangement; on ne peut même prévoir à quelle époque il y aura des réparations à faire. Au commencement de chaque journée, on avait seulement la précaution de mettre un litre d'eau dans chaque chaudière, pour la déperdition occasionnée par les vapeurs qui s'échappent par le tuyau FF.

Quoiqu'on ait toujours une grande tendance à donner la préférence à son propre ouvrage, je crois néanmoins qu'il n'y a aucune partialité à proposer ce dernier appareil. Le premier est sujet à quelques secousses et à de petites explosions. Un coup de feu sépare le gaz des eaux qui le renferment. Si celles-ci sont sédimenteuses, elles encroûtent en peu de temps la chaudière; il y a souvent des suintemens par les robinets, et tous ces inconvéniens ne se présentent pas dans mon appareil.

Cette modeste machine a été visitée, pendant toute la campagne qui vient de s'écouler, par les personnes qui étaient aux bains d'Uriage; elle vient d'être imitée à Grenoble pour la fabrication de la colle-forte d'os, comme moyen évaporatoire : on doit l'employer, cette année, pour la fabrication des eaux-de-vie avec le marc de raisin, comme moyen distillatoire.

Dans l'examen de ces deux appareils, on doit remarquer qu'un seul fourneau, à Enghien, sert pour deux cuves, tandis qu'à Uriage il faut deux fourneaux ; mais je dois faire observer que, dans le premier cas, les cuves ne vont pas en même temps comme dans le second. Enfin, si on voulait, même à Uriage, faire marcher à-la-fois deux cuves avec une seule chaudière, il faudrait donner à celle-ci une plus grande dimension, et adapter à son couvercle deux autres tubes : alors il y aurait une cuve de chaque côté du fourneau.

Les dimensions des dessins sont rigoureusement exactes quant aux cuves et aux chaudières. Je ne suis entré dans aucun détail relativement aux fourneaux, qui dépendent toujours de la nature des combustibles, ni des moyens d'assemblages et d'ajustages, en ce sens qu'ils sont à la portée de toutes les personnes qui s'occupent de construction.

Note sur le minerai de cuivre de Framont (Vosges); par M. P. Berthier.

Ce minerai n'est connu que depuis quelques années. Il se trouve dans un filon de fer oxidé compacte, que l'on a exploité pendant un certain temps pour les hauts-fourneaux de Fra-

mont, mais que l'on a été forcé d'abandonner, parce que le minerai qu'on en retirait donnait une fonte qu'il était impossible de traiter à l'affinerie. Le minerai de cuivre est disséminé dans ce filon en petits amas et en veinules. Il est amorphe, d'un noir brun faiblement métallique : ses gangues sont le quarz et le fer oxidé oligiste ; il en est tellement mélangé qu'il est impossible de les expulser entièrement, même par le lavage le plus soigné.

Traité par l'ammoniaque, en vases clos, il colore la liqueur en bleu foncé, ce qui prouve qu'il contient du deutoxide et probablement un peu de carbonate de cuivre. Il est composé de :

Quarz.	0,176	ou	quarz.	0,176
Deutoxide de cuivre.	0,062		deutoxid. de cuiv.	0,062
Cuivre métallique . .	0,438		sulfure de cuivre.	0,548
Fer métallique... . .	0,124		pyrite de fer.. . . .	0,070
Soufre.	0,146		peroxide de fer. . .	0,130
	0,946			0,986

On l'a essayé par la voie sèche, en le fondant avec trois parties de flux noir, après l'avoir bien grillé, et on en a retiré 0,445 de cuivre rouge parfaitement pur. Ce cuivre contenait un peu d'argent, mais en très-petite quantité.

Le minerai de Framont est un des plus riches que l'on puisse rencontrer; il serait très-facile à traiter en grand, et il produirait probablement du cuivre de première qualité. Les propriétaires s'empresseront sans doute de suivre le conseil qui leur a été donné de faire les travaux convenables pour en explorer le gîte, et pour tirer parti de cette richesse souterraine, si les recherches ont tout le succès qu'on a lieu d'espérer.

RECHERCHES

Pour déterminer la composition chimique des scories produites dans diverses opérations métallurgiques ;

PAR M. B.-G. BREDBERG ,*

(Mémoires de l'Académie des sciences de Stockholm, 1822, page 53.) — EXTRAIT.

L'EXAMEN chimique des scories, des laitiers, ainsi que de tous les produits que l'on obtient en grand dans les usines, paraît présenter le seul moyen d'éclairer les procédés et d'en établir la théorie (1). M. Berzelius, en assimilant l'action chimique de la silice à celle d'un acide, a donné un nouveau degré d'intérêt à ces recherches, et a contribué à mieux faire connaître la nature chimique des scories et les phénomènes qui ont lieu dans les fourneaux (2); enfin, M. Mitscherlich a considéré ce sujet sous un point de vue particulier et fort important, en comparant les produits des fourneaux aux minéraux naturels, et en faisant voir qu'il se forme, par l'action du feu, des pyroxènes, des péridots, des micas, etc., cristallisés comme ceux de la nature.

Il est résulté de toutes ces recherches que les scories homogènes, lors même qu'elles n'offrent aucune apparence de cristallisation, sont des composés chimiques en proportions définies, dans lesquelles la silice fait fonction d'acide et sature plusieurs bases, ou qu'on peut les considérer comme formées par la combinaison de plusieurs silicates (3).

* Voyez les notes à la suite du mémoire.

On recherche toujours avec beaucoup de soin le meilleur mélange qu'il convient de faire entre divers minerais de fer pour obtenir des laitiers bien fluides ; mais on ne prend pas la même peine pour les minerais de plomb, de cuivre et d'argent, probablement parce qu'on attache peu d'importance, du moins en Suède, à les fondre de la manière la plus économique (4).

Mes essais ont eu pour objet de perfectionner le procédé de fusion des minerais de plomb, de cuivre et d'argent, à Sala, Garpenberg et Nafvequare. Les scories que j'ai analysées se sont trouvées, toutes, composées de silice, alumine, fer, chaux et magnésie. Quand elles formaient des silicates, elles étaient très-facilement attaquables par les acides ; mais lorsqu'elles contenaient des bisilicates, elles l'étaient assez difficilement : il a paru plus court de les fondre, dans tous les cas, avec un alcali, comme les pierres. Voici le procédé qui a été suivi.

Après avoir débarrassé la scorie de la matte qui s'y trouve souvent mélangée mécaniquement, on l'a chauffée pendant une heure dans un creuset de platine avec un carbonate alcalin ; on a délayé dans l'eau saturée d'acide muriatique et séparé la silice. La liqueur a été ensuite sursaturée d'ammoniaque, et on a traité le précipité, encore humide, au creuset d'argent avec de la potasse caustique, afin de séparer l'alumine. On a dissous la partie insoluble dans l'acide muriatique, et il est toujours resté un peu de silice : on a fait bouillir la liqueur muriatique avec un peu d'acide nitrique, on l'a neutralisée par l'ammoniaque, et on en a précipité le peroxide de fer par le succinate d'ammoniaque.

La dissolution pouvant contenir encore de la magnésie, on l'a réunie à la dissolution qui renfermait la chaux, après qu'on en a eu précipité cette terre par l'oxalate de potasse ; on y a ajouté un peu d'acide muriatique, afin qu'il ne se forme pas d'oxalate de magnésie : enfin, pour doser la magnésie, on a versé du carbonate de potasse dans la liqueur, on a évaporé à siccité, repris par l'eau bouillante, etc.; la magnésie s'est trouvée quelquefois colorée par une trace de manganèse. On a toujours recherché si elle contenait de la silice.

Scories provenant du traitement des minerais de plomb argentifère à Sala.

On pratique, à Sala, deux opérations différentes : l'une, que l'on nomme *fonte pour plomb*, et l'autre *fonte crue*. Fonte pour plomb.

On fond pour plomb de la galène triée et du schlich lavé. Ce mélange contient environ un quart de son poids de sulfure de plomb, les trois autres quarts consistent en pyrite, blende, chaux carbonatée, serpentine, mica, etc. ; on y ajoute des mattes grillées, qui ne sont presque que de l'oxidule de fer contenant un peu de sulfate de fer. On mélange les trois matières à-peu-près à parties égales, et on les passe dans le fourneau avec un poids égal au leur de scories qui proviennent des opérations précédentes. La pierre qui forme les parois du fourneau est un schiste talqueux feldspathique, qui contient souvent des grains de quarz entre ses feuillets; elle doit renfermer 0,70 à 0,80 de silice : on observe qu'elle est promptement rongée par les scories, sur-tout près de la tuyère; cela tient, sans aucun doute,

à ce que les matières à fondre contiennent un grand excès de bases qui ont besoin de silice pour se saturer.

L'addition des mattes grillées produit deux effets. Une partie de l'oxide de fer entre dans les scories et leur donne la fluidité convenable, et l'autre partie se réduit et réagit sur la galène, qu'elle désulfure. On a essayé sans succès de remplacer la matte grillée par du fer métallique: les scories qu'on obtenait étaient pâteuses, et entraînaient, en mélange mécanique, beaucoup de plomb et de matte.

J'ai fait, en 1821, plusieurs fontes d'essai dans le but de reconnaître l'influence de la silice employée en diverses proportions. Voici le résultat de ces essais, et la composition des scories qu'ils ont produites :

	1°.	2°.	3°.
Silice	0,3939	0,4156	0,5210
Alumine	0,0623	0,0644	0,0823
Protoxide de fer	0,1718	0,2940	0,1554
Chaux	0,1717	0,1274	0,1276
Magnésie	0,1913	0,0868	0,0987
Oxide de manganèse	trace.		
	0,9910	0,9882	0,9850

1°. Scories ordinaires. Compactes, d'un gris obscur passant au noir, translucides sur les bords. Toutes les bases y sont à l'état de silicate.

2°. Scories provenant d'une opération dans laquelle on a employé le mélange ordinaire, auquel on a ajouté 6 pour 100 de la pierre du fourneau réduite en poudre. Semblables aux précédentes, la chaux y est à l'état de bisilicate, et les autres bases à l'état de silicate

3°. Scories provenant d'une opération dans

laquelle on a employé le mélange ordinaire, en remplaçant les scories par 31 pour 100 de la pierre du fourneau. A cassure inégale et cristalline, plus difficiles à fondre au chalumeau que les précédentes. L'alumine y est à l'état de silicate, et les autres bases à l'état de bisilicate.

Les scories ordinaires de Sala ne sont pas propres à faire des briques; mais les scories 5°. conservent leur ténacité après le refroidissement, et peuvent très-bien servir à cet usage.

Depuis 1750, on traite *en fonte crue*, à Sala, les résidus du bocardage et du lavage, qui se composent de chaux carbonatée, talc, mica, etc., et dont la teneur en argent varie de 0,0001 à 0,0002; on y ajoute des pyrites que l'on fait venir de Fahlun : la gangue de ces pyrites est ordinairement l'amphibole et quelquefois le quarz. On fond toutes ces matières avec un poids égal au leur de scories anciennes : il ne se forme presque que des silicates; mais comme la chaux et la magnésie sont les bases dominantes, les scories sont moins fusibles que celles qui proviennent de la fonte au plomb. Les parois du fourneau sont souvent très-fortement endommagées, et il se produit des *amas solides*, qui rendent la fonte très-pénible. Voici le résultat des essais que j'ai faits pour perfectionner le procédé : Fonte crue.

	1°.	2°.	3°.	4°.	5°.
Silice	0,4722	0,4999	0,5179	0,5358	0,5475
Alumine	0,0757	0,0639	0,0671	0,0633	0,0787
Protox. de fer	0,0610	0,1141	0,1287	0,1404	0,0951
Chaux	0,2202	0,1940	0,1751	0,1314	0,1611
Magnésie	0,1639	0,1221	0,0817	0,0977	0,0907
	0,9930	0,9940	0,9705	0,9686	0,9731

1°. Scories provenant du mélange de 65 quintaux de résidus, 30 quintaux de pierre du fourneau, et de 50 quintaux de scories anciennes. Grises, opaques, à cassure cristalline; fusibles, au chalumeau, en un globule vert. La chaux y est à l'état de bisilicate, et les autres bases à l'état de silicate.

2°. Scories provenant d'un mélange de 65 quintaux de résidus, de 30 quintaux de pierre du fourneau, et 20 quintaux de scories anciennes. Plus cristallines que les précédentes, elles contiennent la chaux et la magnésie à l'état de bisilicate, et le fer et l'alumine à l'état de silicate.

3°. Scories provenant d'un mélange de 65 quintaux de résidus et de 30 quintaux de pierre du fourneau. D'un vert grisâtre, opaques, très-cristallines, moins fusibles que les précédentes, elles contiennent la chaux, la magnésie et le fer à l'état de bisilicate, et l'alumine à l'état de silicate.

4°. Scories provenant d'un mélange de 65 quintaux de résidus et de 50 quintaux de pierre du fourneau. Semblables aux scories 3°., mais pénétrées d'une multitude de grains de quarz non attaqués. L'échantillon analysé avait été purgé de ces parties de quarz; toutes les bases sont exactement à l'état de bisilicate dans ces scories. On voit ici que l'action des bases sur le quarz s'arrête précisément au moment où elles arrivent au degré de saturation des bisilicates. Ce fait est une nouvelle confirmation de la doctrine des proportions définies (5).

Des résultats de ces essais on peut conclure qu'il n'est pas indispensable d'ajouter des scories aux matières à fondre, et qu'on peut rem-

placer avantageusement par une quantité beaucoup moindre d'une substance quarzeuse, telle que la pierre du fourneau, et qui procurera une économie de combustible de près de 30 pour cent.

Dans tous les essais que j'ai faits avec addition de matières quarzeuses, la marche du fourneau a été améliorée, et les scories ont entraîné moins de grains de mattes que dans le procédé ordinaire. Cependant, les scories ordinaires, ne contenant uniquement que des silicates, doivent être plus fusibles par elles-mêmes que les scories de mes essais, qui sont ou des bisilicates ou des combinaisons de bisilicates et de silicates. Je ne puis, d'après cela, expliquer l'influence avantageuse d'une addition de quarz qu'en supposant qu'au moment de la combinaison de la silice avec les bases il y a un développement de chaleur considérable, qui porte les scories à une température plus élevée que celle que l'on pourrait obtenir soit en augmentant la masse du vent, soit en accélérant la vitesse des machines soufflantes (6).

Les scories, n°. 5, sont celles que l'on obtenait à Sala, il y a deux ou trois cents ans : leur composition montre qu'à cette époque le travail devait être à-peu-près le même qu'aujourd'hui.

Fonte crue de Garpenberg.

Les minerais de Garpenberg, que l'on soumet à la fonte crue, sont sulfureux, et contiennent du cuivre gris : leur gangue est un mélange de schiste talqueux, de quarz, de grenat, de spath fluor et d'un peu de chaux carbonatée. On les fond avec le douzième de leur poids de chaux, avec des sco-

ries de forges et avec des scories provenant de l'opération qui donne le cuivre noir. On obtient une matte tenant 0,18 de cuivre et des scories vitreuses, d'un vert clair, qui sont pénétrées d'une multitude de grains de quarz, et qui, à cause de cela, ressemblent à une brèche. Ces scories contiennent souvent des grains de matte qui n'ont pas pu s'en séparer, ce qui occasionne une perte de cuivre. Je les ai analysées après en avoir séparé le quarz aussi exactement que possible, et j'y ai trouvé :

Silice.........	0,5654
Alumine......	0,0605
Oxide de fer...	0,1486
Chaux........	0,0633
Magnésie......	0,1432
Manganèse....	trace.
	0,9810

Leur couleur indique que le fer s'y trouve à l'état de peroxide et qu'elles ne contiennent pas de protoxide (7). Les bases y sont toutes à l'état de bisilicate, quoiqu'il y ait assez de quarz pour former des trisilicates; mais ces derniers ne se produisent pas, probablement parce que la température ne serait pas assez élevée pour les fondre. On voit, d'après cela, que l'addition d'une plus grande quantité de chaux ou d'une autre base quelconque serait très-utile pour dissoudre le quarz; tant qu'il resterait de celui-ci, on n'aurait pas à craindre la formation des loups ou d'autres dépôts susceptibles d'engorger le fourneau.

Fonte crue à Nafvequare.

On traite dans cette usine deux minerais de cuivre qui viennent de Tunaberg : l'un a pour gangue de la chaux carbonatée; l'autre, que l'on

nommée *mine noire*, a pour gangue un mélange de quarz et de mica. La fonte est difficile, le nez est toujours très-allongé; il se forme fréquemment des loups de fer du poids de 30 à 40 livres, et les scories sont souvent mélangées de globules de matte. Ces scories ressemblent à l'obsidiane : je les ai trouvées composées de :

Silice	0,5651
Alumine	0,0942
Protoxide de fer	0,0621
Chaux	0,2005
Magnésie	0,0640
	0,9859

Toutes les bases y sont à l'état de bisilicate. Quoique les minerais ne soient jamais exempts de cobalt, les scories n'en contiennent pas la moindre trace : ce métal doit passer dans les mattes, et ensuite dans le cuivre noir, comme le cuivre auquel il reste toujours uni (8).

Si les scories pouvaient dissoudre plus d'oxide de fer, elles seraient plus fluides, et il ne se formerait pas de loups. On obtiendrait ce double résultat en grillant le minerai avant de le fondre; mais il faudrait en même temps y ajouter du quarz, sans quoi la chaux, qui est en grande proportion, s'emparerait de presque toute la silice, et l'oxide de fer, restant libre, se réduirait et formerait des loups encore plus gros que ceux qui se produisent actuellement.

Notes sur le mémoire précédent; par M. P. Berthier.

(1) Il y a long-temps que l'on a senti en France de quelle importance il est pour le progrès des

arts minérallurgiques de connaître la composition chimique de tous les produits des usines. On a commencé à s'occuper de l'analyse de ces produits à l'école pratique de Moutiers, créée au commencement du siècle, et depuis cette époque c'est le sujet habituel des recherches des ingénieurs et des élèves qui travaillent dans les laboratoires des Écoles des mines. Le *Journal* et les *Annales des mines* renferment un grand nombre de mémoires qui sont le fruit de ces recherches.

(2) L'idée de considérer la silice comme un acide est certainement très-lumineuse, et le parti que M. Berzelius a su en tirer a, sans aucun doute, beaucoup avancé la théorie chimique; mais il me semble que cette idée, purement spéculative, n'était pas indispensable pour que l'on connût bien la nature des scories, ainsi que les phénomènes qui ont lieu dans les fourneaux : aussi voyons-nous que le rôle que joue le quarz dans le traitement du cuivre pyriteux, dans l'affinage du fer, dans le travail des hauts-fourneaux, etc., a été exposé d'une manière exacte dans des mémoires déjà anciens, qui ont été publiés dans le *Journal des mines.*

(3) Cette assertion ne me paraît pas exacte; elle est contredite par tous les faits et par les propres expériences de M. Bredberg. En effet, dans les scories qu'il a analysées, et qui, toutes, renferment les quatre mêmes bases unies à la silice, il trouve que tantôt une et tantôt plusieurs de ces bases sont à l'état de silicate et les autres à l'état de bisilicate. Mais si l'on examine ses calculs, on verra que, pour arriver à ce résultat, il a été obligé de faire quelques corrections à

la proportion de la silice, soit en plus, soit en moins; que s'il n'eût point fait ces corrections, il aurait été obligé de supposer que l'une des bases est en partie silicatée et en partie bisilicatée, et que, s'il les eût faites en sens contraire, il aurait souvent pu, sans invraisemblance, changer l'état de saturation de la totalité de l'une des bases. La composition qu'il a adoptée est donc tout-à-fait hypothétique : dès qu'on admet, ce que l'on est forcé de faire, que les bases ne sont pas toutes saturées de silice au même degré, pourquoi ne veut-on pas que l'une d'elles puisse se partager pour former deux silicates différemment saturés? C'est uniquement, je crois, parce que cela paraît, au premier coup d'œil, moins favorable à la doctrine des proportions définies; mais les doctrines doivent se plier aux faits, et c'est faire tort à la science que de forcer les faits à s'appliquer aux doctrines.

Les scories cristallisées ont presque toujours une composition atomique rigoureuse et très-simple, ainsi que M. Mitscherlich l'a prouvé; il en est même souvent ainsi des scories cristallines et quelquefois aussi des scories les plus compactes; mais, dans le cas général, on peut dire que les scories renferment tous les élémens dont elles se composent dans toutes les proportions possibles comprises entre certaines limites; limites qui dépendent de beaucoup de circonstances, mais principalement de la température des fourneaux. Qu'on prenne un silicate en proportion définie, par exemple le pyroxène $CS^2 + MS^2$, qui fond très-bien au haut-fourneau; qu'on y ajoute une petite quantité de silice, ou une quantité quelconque de l'une des bases ou des deux bases, mais telle que les nouveaux composés ne renferment pas beaucoup moins de si-

lice qu'un silicate BS, et tous ces composés se fondront en verres parfaitement homogènes. Si l'on fondait un silicate de fer fS dans un fourneau à manche, il pourrait perdre une certaine quantité d'oxide qui se réduirait : en passant les nouvelles scories dans une fourneau plus élevé, elles perdraient encore une nouvelle proportion d'oxide d'autant plus grande, que la température serait plus élevée, etc., et l'on aurait ainsi une multitude de silicates en proportions non définies et de plus en plus chargés de silice.

(4) En France et en Allemagne, où il importe beaucoup de traiter tous les minerais avec un égal soin, à cause de la cherté du combustible, on ne néglige rien pour perfectionner le mode d'extraction du plomb, du cuivre et de l'argent : il a été fait, à ce sujet, notamment en France (à Chessy, à Poulaouën, etc.), des essais dans lesquels on s'est laissé guider par l'analyse chimique, et qui ont eu un plein succès.

(5) Plus une scorie contient de silice et moins elle a d'action sur le quarz; mais cette action dépend non-seulement de la saturation des bases, mais encore de la température : on peut donc croire que c'est uniquement par hasard que la scorie analysée par M. Bredberg s'est trouvée être rigoureusement composée de bisilicates. De plus, à un degré de chaleur donné, la quantité de quarz que des scories pourront dissoudre dépendra encore du temps pendant lequel elles séjourneront dans le fourneau et par conséquent de la hauteur de celui-ci ; elle dépendra aussi de la grosseur des grains de quarz : car plus ces grains seront gros, plus ils auront de peine à se dissoudre, parce qu'ils présenteront d'autant moins de surface, relativement à leur masse, à l'action du dis-

solvant. J'ai souvent observé des scories contenant du quarz, même dans les hauts-fourneaux; mais j'ai toujours vu que, dans ce cas, ce corps était disséminé en fragmens assez gros dans les minerais : du sable impalpable, une argile très-siliceuse, ne se comporteraient pas ainsi et ne traverseraient pas un fourneau sans se combiner avec les scories, lors même que celles-ci perdraient leur fusibilité par l'effet de cette combinaison. De là vient que, lorsqu'on n'emploie pas les fondans dans des proportions convenables, les fourneaux s'engorgent, parce que les scories ne sont pas assez fluides.

Une scorie bien fusible par elle-même peut contenir des grains de quarz en mélange sans cesser d'être coulante. Il suit de là que si l'on avait à fondre deux minerais contenant une égale proportion de quarz, mais dans l'un desquels ce corps se trouverait en fragmens, tandis qu'il serait en grains très-fins dans l'autre, il faudrait une quantité beaucoup moindre de fondans pour traiter le premier que le second, et par conséquent qu'on ferait, en général, une mauvaise opération, si l'on réduisait celui-là en poudre avant de le soumettre à la fusion.

(6) Cette explication paraît bien peu satisfaisante. Si, comme cela est possible, il se dégage de la chaleur au moment où la silice se combine avec les bases, c'est au commencement de la combinaison sur-tout que la chaleur doit être grande, et il doit par conséquent s'en produire beaucoup pendant la formation des silicates. Quel avantage y aurait-il donc, sous ce rapport, à ce qu'il se formât des bisilicates? Puisque l'addition de la pierre des fourneaux facilite la fusion,

il faut bien que les scories acquièrent réellement de la fluidité par cette addition. Nous ne pouvons rien conclure avec certitude du degré de saturation des bases, parce que nous ne connaissons pas encore bien la fusibilité relative des silicates à plusieurs bases; mais, d'un autre côté, la pierre des fourneaux renfermant un puissant fondant, le feldspath, auquel M. Bredberg ne paraît pas avoir fait attention, puisqu'il n'a pas cherché la potasse que ce minéral a dû introduire dans les scories, on trouve, dans cette circonstance, l'explication naturelle de l'amélioration que l'on a remarquée dans la marche du fourneau.

(7) Il est bien extraordinaire qu'une scorie qui reste toujours en contact avec des charbons embrasés renferme 15 pour 100 de peroxide de fer, et ne contienne pas du tout de protoxide. J'avoue que l'indice de la couleur ne me paraît pas suffisant pour trancher cette question. Il est extrêmement difficile d'obtenir des verres dans lesquels le fer soit tout entier à l'état de peroxide : comment cela peut-il donc avoir lieu dans un fourneau à manche?

(8) Le cobalt et le nickel sont moins oxidables que le fer, et se réduisent avant lui; c'est pourquoi on en rencontre rarement dans les scories; mais ce n'est pas ordinairement avec le cuivre qu'ils restent unis; ils ont beaucoup plus de tendance à s'allier avec le fer, qui est, de tous les métaux, celui dont ils se rapprochent le plus par leurs propriétés : aussi on voit ordinairement (au Mansfeld, à Allemont) que c'est dans les loups et dans les speiss qu'ils se trouvent et se concentrent.

Sur les minerais de fer appelés mines douces ; *par* M. P. Berthier.

Par-tout où il existe des mines de fer spathique (dans les Alpes, dans les Pyrénées, en Styrie, etc.), on rencontre en même temps un autre minerai, qui est généralement connu sous le nom de *mine douce*. Ce minerai constitue des filons particuliers; il est très-estimé, parce qu'il est riche, facile à fondre, et ordinairement d'excellente qualité. Il est d'un brun noirâtre, très-tendre, tachant, grenu, et très-léger comparativement à sa richesse; sa P Sq. moyenne est 3.

Il renferme presque toujours des cristaux de quarz, et souvent en quantité considérable; ce qui alors diminue beaucoup de son prix.

La composition de ce minerai varie peu. Les analyses suivantes, choisies parmi celles qui ont été faites au laboratoire de l'École des Mines, en donneront une idée exacte.

	(1)	(2)	(3)	(4)
Peroxide de fer.	0,796	0,800	0,827	0,660
Oxide de manganèse . .	0,035	0,022	0,036	0,050
Magnésie	0,010	0,014	....	0,020
Chaux.	.....	.....	0,007	0,030
Quarz et silice gélatin.	0,048	0,044	0,032	0,100
Perte par calcination..	0,111	0,120	0,097	0,160
	1,000	1,000	0,999	1,020

La 1re. variété provient du *Fayard*, près d'Allevard (Isère) : elle porte le nom de *maillat brun*, parce qu'au premier aspect elle paraît être composée de grandes lames comme le *maillat*. La 2e. vient de la *fosse Mazet*, près d'Allevard également. La 3e. est exploitée dans les propriétés de M. de La Rochefoucauld (Aude), et la 4e. vient de Styrie.

La perte par la calcination se compose d'eau et d'une petite quantité d'acide carbonique, qui

se trouve combiné avec la magnésie et avec la chaux. L'oxide de fer et l'oxide de manganèse sont, pour la plus grande partie, à l'état d'hydrate; quelquefois cependant il y en a une certaine quantité de libre; d'autres fois ces minerais contiennent un peu de protoxide de fer combiné avec de l'acide carbonique. Enfin on remarque que la partie insoluble dans les acides renferme presque toujours un peu de silice à l'état gélatineux.

Il est indubitable que les *mines douces* ont été originairement des *fers spathiques*. Elles en conservent souvent la forme extérieure, comme le *maillat* brun, et elles ont une légèreté spécifique qui s'explique par la soustraction de l'acide carbonique, et dont on ne pourrait pas se rendre compte autrement. Enfin, on sait que lorsque le fer spathique reste long-temps exposé à l'air il se transforme en une substance toute semblable. Mais comment cette transformation s'opère-t-elle dans le sein de la terre, et pourquoi certains filons l'éprouvent-ils, tandis que d'autres se conservent intacts? Je ne crois pas qu'il soit possible de répondre à ces questions dans l'état de nos connaissances; cependant, quant à la première, on peut faire remarquer que la composition des mines douces prouve que l'eau et l'air jouent le principal rôle dans le changement que subit le fer spathique, et que, dans ce changement, la magnésie qui existe en si grande proportion dans cette dernière espèce, sur-tout à Allevard, disparaît presque en totalité. Il paraît donc qu'à mesure que le fer et le manganèse se suroxident, ils se combinent avec de l'eau, et que l'acide carbonique qu'ils abandonnent se porte sur le carbonate de magnésie et le transforme en bicarbonate, qui, étant soluble, est entraîné par l'eau.

NOTICE

Sur le gisement, l'exploitation et le traitement des minerais d'étain et de cuivre du Cornouailles ;

Par MM. DUFRENOY et ÉLIE DE BEAUMONT,
Ingénieurs des Mines.

INTRODUCTION.

Les Iles Britanniques versent dans le commerce plus d'étain et de cuivre qu'aucun autre état de l'Europe. La presqu'île du Cornouailles est le seul point de ces îles où l'on exploite le premier de ces métaux ; c'est également ce comté qui fournit la presque totalité (sept huitièmes environ) du cuivre que produit ce Royaume : aussi ses nombreuses exploitations le mettent-elles au premier rang des contrées de l'Europe qui doivent leur prospérité à la richesse minérale de leur sol. Les mines de ce pays sont en outre célèbres par la puissance des moyens mécaniques qu'on y applique. Ces motifs nous ont engagés à y faire une excursion, à la suite d'un voyage dont le but, beaucoup plus étendu, était une reconnaissance des terrains décrits, classés et figurés avec tant de méthode et de précision par les géologues anglais (1).

D'après la grande richesse des mines du Cornouailles, et l'importance dont elles sont pour cette contrée, qu'elles ont élevée au-dessus du rang que lui assignaient son étendue, sa position géographique et la nature de son sol, on doit na-

(1) M. Brochant-de-Villiers, inspecteur-divisionnaire au Corps royal des Mines, membre de l'Institut, avait été chargé de cette importante mission, dans laquelle nous avons été appelés à le seconder.

turellement s'attendre à voir l'exploitation de ces mines portée à un haut degré de perfection; elles sont en effet très-bien conduites, et les découvertes scientifiques et techniques les plus récentes y sont mises à profit avec intelligence.

Cependant le Cornouailles n'a pas contribué, autant que d'autres contrées moins riches qu'elle en substances exploitables, aux progrès que l'art des mines et les sciences qui s'y rapportent ont faits dans les derniers temps. Cela ne tiendrait-il pas à ce que les entreprises particulières qui couvrent ce pays n'ont rien de commun les unes avec les autres, et n'ont pas encore donné naissance à ces institutions qui, dans d'autres contrées, sont destinées et servent, en effet, à encourager des travaux dont l'utilité est d'un ordre trop général pour qu'ils portent avec eux leur récompense? Ce vide, au reste, semble devoir bientôt disparaître. Une Société géologique, formée, il y a quelque années, à Penzance, a déjà, par ses travaux, jeté beaucoup de lumière sur la constitution minérale de ce pays, également intéressant pour les sciences et pour l'art des mines; et peut-être verra-t-on bientôt s'y élever une École des Mines digne d'être citée à côté des premières de l'Europe.

Il est difficile, en effet, de trouver une contrée plus apte à recevoir un établissement de ce genre. Il en existe peu où les richesses minérales soient exploitées avec autant d'activité qu'en Cornouailles, et aucune peut-être ne présente, dans une étendue égale, un aussi grand nombre de filons; il est en outre bien rare que les caractères de ces riches dépôts soient développés avec autant de netteté, et qu'ils soient aussi faciles à observer.

Cet avantage, qui rend le Cornouailles une contrée vraiment classique pour ceux qui étudient la géologie et l'art des mines, résulte de sa forme de presqu'île et des contours sinueux de ses côtes escarpées, qui offrent presque par-tout des coupes naturelles du sol. Toutes les fois que ces coupes se trouvent à peu de distance des districts à mines, elles mettent à découvert les filons qui y abondent, et permettant de vérifier et de compléter les observations faites dans les travaux souterrains, elles fournissent de nombreux moyens d'instruction, tant au mineur qu'au géologue.

Nous n'avons pu faire dans le Cornouailles qu'un assez court séjour, et si nous avons réussi, en aussi peu de temps, à visiter les points les plus importans et à nous former des notions assez complètes de l'ensemble pour nous hasarder à les publier, nous le devons aux excellentes directions et à l'extrême complaisance de plusieurs personnes du pays, versées dans la connaissance de son sol et de ses mines. Nous sommes sur-tout infiniment redevables à MM. Carne et Boase de Penzance, dont les obligeantes et précieuses communications nous ont épargné bien des recherches, et ont beaucoup contribué à étendre le cercle de nos idées.

Nous avons aussi tiré de grands secours des mémoires qui sont contenus dans les deux volumes de *Transactions*, publiés par la Société géologique du Cornouailles (1), et dans celles de la Société géologique de Londres.

---

(1) Nous sentons d'autant plus l'obligation de reconnaître ici que nous avons beaucoup profité de ce recueil,

L'excellente carte géologique de l'Angleterre, par M. Greenough, nous a également fourni un grand nombre d'indications qui nous ont été de la plus grande utilité pour diriger et coordonner nos observations.

En relisant cette notice après sa première rédaction, nous avons pensé que nos lecteurs sentiraient aussi le besoin de consulter cette carte, pour suivre nos descriptions géologiques et reconnaître la position relative des mines et des districts de mines dont nous parlons; mais comme cette carte est peu répandue en France, nous nous sommes déterminés à joindre à notre travail une copie de l'extrémité Sud-ouest du Cornouailles, qui comprend la partie la plus intéressante du pays que nous décrivons.

C'est la réunion de ces divers matériaux, réunion dont nos propres observations ont été l'occasion, et forment, pour ainsi dire, le cadre, que nous donnons au public, dans l'espérance d'attirer davantage l'attention sur une contrée si digne, à tous égards, de celle des personnes qui s'occupent spécialement de l'art des mines, et dont cependant aucune description de ce genre n'a encore paru.

Division. Nous diviserons cette notice sur le Cornouailles en quatre parties.

Dans la *première* nous décrirons la constitution minérale du Cornouailles et du Devonshire, qui lui est adjacent, la nature des roches, les phé-

---

qu'ayant souvent réuni ensemble, dans cette notice, des indications extraites de plusieurs mémoires, ou les ayant fondues avec les résultats de nos propres observations, il ne nous a pas toujours été possible de citer les auteurs dont nous avons emprunté ces divers documens.

nomènes géologiques qu'on y observe, et les caractères de gisement des minerais métalliques qui y sont exploités.

La *seconde* sera consacrée à faire connaître les différens modes d'exploitation que l'on emploie suivant la nature du gisement.

La *troisième* aura pour objet la description de la *préparation mécanique* que l'on fait subir aux *minerais d'étain*, et leur *traitement métallurgique*, tel qu'il a lieu en Cornouailles.

Enfin, dans la *quatrième*, après avoir indiqué les différens gisemens du cuivre, tant en Angleterre qu'en Écosse et en Irlande, nous ferons connaître les diverses opérations de la *préparation mécanique* et du *traitement métallurgique* des *minerais de cuivre* du Cornouailles, suivant la méthode pratiquée dans le pays de Galles, où on les transporte au sortir des mines, à cause du bas prix du combustible dans cette dernière contrée.

PREMIÈRE PARTIE.

Constitution minérale et gîtes de minerais.

La presqu'île du Cornouailles présente deux terrains différens. L'un, qui occupe principalement son extrémité Sud-ouest, est composé de granite et de roches schisteuses, et doit être rangé dans les terrains primitifs, ou du moins dans les terrains de transition les plus anciens ; le second, qui forme le Nord-est du Cornouailles, le Nord du Devonshire et les parties de ces deux comtés qui avoisinent Plymouth, est un terrain de transition, composé principalement de grauwacke et de calcaire esquilleux alternant quelquefois ensemble ; il présente beaucoup de points d'analogie

avec les terrains de transition de la Bretagne, des Pyrénées et de la Tarentaise.

Les filons métallifères, si nombreux dans cette contrée, ne sont pas indistinctement distribués dans ces deux terrains. Nous avons donc pensé que pour atteindre le but principal que nous nous sommes proposé dans ce travail, qui est de faire connaître les gîtes des minerais métalliques, il convenait de donner d'abord un aperçu général sur cette partie Sud-ouest de l'Angleterre, et de décrire ensuite avec détail le terrain métallifère proprement dit, ainsi que les différentes manières d'être des métaux. Cette idée nous a conduits à diviser cette partie géologique de notre travail en quatre sections.

Dans la *première* nous indiquerons la forme et la nature de la partie Sud-ouest de l'Angleterre.

Dans la *seconde*, nous nous occuperons spécialement de la constitution géologique du terrain métallifère, qui est composé de granite et de roches schisteuses.

Dans la *troisième*, nous développerons les rapports géologiques qui existent entre ces deux roches.

Enfin la *quatrième* sera consacrée à la description des différens modes de gisement de l'étain et du cuivre.

I. *Idée générale du sol de la partie Sud-ouest de l'Angleterre.*

Aspect du pays.

§ 1. — La partie de l'Angleterre située entre *Bridge-water*, *Tor-bay* et le cap *Land's-end*, qui comprend le comté de Cornouailles, la presque totalité de celui de *Devon* et la partie occi-

dentale de celui de *Sommerset*, présente un terrain ondulé, composé de collines arrondies et de petits plateaux que séparent des vallées peu profondes. Son sol, assez ingrat, exposé de toutes parts aux influences de la mer, est peu favorable à l'agriculture et même à la végétation en général. On y voit des étendues considérables sans culture et sans arbres, recouvertes seulement de bruyères, d'ajoncs, de tourbes, et, de distance en distance, de pâturages peu productifs. Certains cantons, dont la surface est plus inégale et plus élevée au-dessus de la mer que celle des cantons voisins, se font sur-tout remarquer par la stérilité de leur sol.

§ 2. — Ces divers districts élevés, composés de granites, forment, comme on le voit sur la carte, des espèces d'îlots disposés à-peu-près sur une ligne droite, qui se dirige de l'Ouest-sud-ouest à l'Est-nord-est, depuis le district du *Land's-end* et même depuis les îles Sorlingues, jusqu'au Dartmoor-forest, et constituent ce qu'on appelle la *chaîne ochrinienne*. Ces montagnes non-seulement dominent les contrées environnantes, mais elles forment encore les sommités les plus élevées de ce pays. Nous en citerons quelques-unes, pour donner une idée de leur hauteur. Montagnes.

		pieds angl.	mètres.
Hens-barrow-down	Cornouailles.	1034	311
Brown-willy	Cornouailles.	1368	411
Kit-hill	Cornouailles.	1067	320
Cowland-hill or Beacon	Devonshire.	1792	530
Em-head	Devonshire.	1131	340
Rippon-tor	Devonshire.	1549	466

Ces sommités ne trouvent de rivales dans cette partie de l'Angleterre que dans les montagnes de grauwacke du Nord du Devonshire, et de l'Est

du Sommersetshire, dont plusieurs atteignent de 15 à 1700 pieds et même au-delà.

Granite.

§ 3. — Les sommets de ces montagnes granitiques sont généralement arrondis, et présentent, sur leurs pentes peu rapides ou au pied de leurs escarpemens, des réunions considérables de blocs de granite, qui font connaître d'avance la nature du terrain. Des fragmens plus ou moins gros de ce même granite sont aussi épars dans le reste de ces cantons, où ils frappent peu la vue, étant à moitié cachés par la bruyère; mais on les voit reparaître dans toutes les portions un peu moins ingrates et qu'on a défrichées, parce qu'alors, pour en débarrasser les champs, on les a transportés à leurs limites et rangés en petits murs, qui leur servent de clôture.

Roches schisteuses. —Leurs rapports généraux de position avec le granite.

§ 4. — Les protubérances granitiques dont nous venons de parler forment comme autant de noyaux, autour desquels se groupent les roches qui constituent le reste du pays. Chaque protubérance granitique est environnée par une bande de schiste argileux, verdâtre, passant quelquefois au schiste talqueux ou au schiste amphibolique. Les couches de ce schiste plongent dans le même sens que la surface extérieure des masses granitiques, sur laquelle elles paraissent s'appuyer. Ces roches schisteuses constituent des régions plus basses, plus unies et moins incultes. La surface du sol, couverte d'une certaine épaisseur de terre végétale, ne présentant pas de blocs épars, et rarement des rochers saillans, on n'aurait aucune idée de la nature des roches qui le composent, si les escarpemens naturels que présentent les côtes, les bords des rivières, les ravins et les coupures artificielles,

ne faisaient connaître que ces roches sont généralement schisteuses.

Les cantons les plus fertiles sont, en général, ceux qui avoisinent la ligne de jonction des roches schisteuses avec le granite, et où la terre végétale est formée des débris mélangés des deux roches.

§ 5. A une distance plus ou moins grande du granite, ces schistes sont recouverts par des grauwackes communes et schisteuses, passant au schiste argileux, et contenant des couches subordonnées de calcaire. Ces couches constituent, presque à elles seules, le Nord-est du Cornouailles, le Nord du Devonshire, et les parties de ces deux comtés, qui avoisinent Plymouth; elles occupent en outre un espace d'une certaine étendue dans le Midi du Cornouailles, entre *Truro* et *Grampound*, où elles paraissent y être déposées comme dans un bassin. Ces roches, postérieures au véritable killas, s'étendent, au Midi, jusqu'à la mer, et au Nord, jusqu'à Saint-Michel. Quelques lambeaux détachés de ce même système s'observent jusqu'à Podstonet Tintagal-Castle. Dans les environs de ce dernier point, la grauwacke, très-bien caractérisée, contient des impressions végétales. On n'a jamais indiqué ni cuivre ni étain dans la grauwacke. Les grands filons Est et Ouest, sur lesquels sont ouvertes presque toutes les mines du Cornouailles, paraissent se terminer à la hauteur de Truro, vers la limite occidentale du dépôt de grauwacke dont nous parlons. Il paraît, dit M. Carne, « que si, dans quelques points, les filons se prolongent dans la grauwacke, ils se divisent bientôt en petites branches et disparaissent; mais, continue-t-il, on n'a pu reconnaître

Grauwacke et calcaire.

Ni cuivre ni étain dans la grauwacke.

clairement leur manière de se comporter dans cette circonstance, parce que le passage du vrai killas à la grauwacke est graduel et insensible.» A la hauteur de Grampound, c'est-à-dire vers la limite occidentale de la grauwacke, on voit les exploitations reparaître en même temps que le killas. En supposant, comme nous venons de le dire ci-dessus, que la grauwacke soit déposée dans un bassin creusé dans le killas, on serait conduit à regarder les filons qui se trouvent à l'Est de Grampound comme le prolongement de ceux exploités à l'Ouest de Truro, avec lesquels ils correspondent pour la direction.

Plomb et antimoine dans la grauwacke.

Quoique la grauwacke soit dépourvue d'étain et de cuivre, elle n'est pas cependant entièrement stérile ; car il est probable que les mines de plomb de Garras et de Pantin-glaze et le filon d'antimoine de Huel-boys sont dans cette roche.

Serpentine et Euphotide.

§ 6. — Outre les roches que nous venons de citer, il existe aussi dans le Cornouailles des serpentines et des euphotides associées à des roches talqueuses et amphiboliques. Ce système, qui compose la presqu'île à l'extrémité de laquelle se trouve le cap Lizard, n'a présenté aucun gîte de minerai jusqu'ici exploitable.

Analogie avec la Bretagne.

§ 7. — En terminant cet aperçu général de la constitution géologique du Cornouailles, nous ferons remarquer que cette province anglaise présente une foule de rapports avec la Bretagne, tant par la nature et les autres caractères de son sol, composé aussi principalement de granite, de roches schisteuses et de grauwacke, que par sa position géographique à l'entrée du détroit de la Manche.

Cette ressemblance existe également dans la sinuosité et la disposition des côtes des deux pays, qui, présentant des havres excellens, ont donné

lieu de part et d'autre à l'établissement de plusieurs ports militaires importans, qui ont été pour les contrées environnantes une source de prospérité.

Néanmoins, sous le rapport des avantages dus à la nature du sol, le Cornouailles est bien plus favorisé. Ses nombreuses mines d'étain et de cuivre ont formé des centres d'activité et d'industrie qui manquent à la Bretagne, où l'on n'a jusqu'à présent reconnu que de faibles indices d'une richesse souterraine analogue.

Les travaux des mines, le mouvement qu'elles font naître, interrompent en Cornouailles la monotonie du tableau que présente un pays presque isolé, peu fertile et incomplétement cultivé, et lorsque le voyageur approche des cantons où l'on exploite les mines, il est averti de loin de leur existence par les monceaux de décombres qui couvrent le sol autour des orifices des puits, et par la fumée des machines à vapeur qui servent à élever les eaux et les matières extraites.

II. *Constitution géologique du terrain métallifère.*

Roches dans lesquelles existent l'étain et le cuivre.

§ 8. — Les dépôts d'étain et de cuivre existent dans le *granite* et dans les *roches schisteuses* qui l'entourent de tous côtés. Le premier de ces métaux se trouve aussi disséminé en stockwerks ou petits filons dans un *porphyre*, lequel forme, lui-même, au milieu des roches schisteuses et du granite, des filons proprement dits, très-puissans, qui coupent quelquefois les filons métallifères, ou dérangent leur allure.

Il en résulte que les mineurs du Cornouailles travaillent toujours soit dans le *granite*, soit dans le *schiste argileux* verdâtre, soit dans le *porphyre*: aussi leur langage technique ne présente que

trois noms de roches, qui sont *growan*, *killas* et *elvan*.

Définition des noms de growan, de killas et d'elvan.

§ 9. — Le nom de *growan* est employé pour désigner les roches granitoïdes, soit intactes ou dans leur état de solidité naturel, soit décomposées.

On appelle *killas* toutes les roches schisteuses en général et plus particulièrement le schiste argileux verdâtre, dans lequel sont ouvertes les plus riches exploitations de cuivre et d'étain.

Enfin, le nom d'*elvan* comprend en général les masses étrangères qui se rencontrent dans le granite ou le schiste argileux, et qui dérangent soit les allures des filons, soit même seulement la stratification de la roche. Il a par suite été appliqué à des roches de nature et de gisement très-divers, telles que du granite d'une composition et d'un grain différens de ceux du granite qui les encaisse, et à des masses de roches chloritiques, quarzeuses et quarzo-chloritiques très-dures; mais il se rapporte, dans le plus grand nombre de cas, à des porphyres feldspathiques qui constituent des filons bien prononcés.

Description de l'elvan. Porphyre feldspathique.

§ 10. — La pâte et la plupart des cristaux de ces porphyres sont toujours de feldspath; on y voit aussi très-souvent des grains presque amorphes de quarz hyalin et de petits amas rayonnés, ou des cristaux imparfaits d'amphibole, d'un vert sombre. La pâte feldspathique est ordinairement d'un rouge ou d'un bleu pâle et sale, souvent aussi jaunâtre; mais cette dernière couleur paraît due à la décomposition. Dans certaines parties de ces masses feldspathiques, les cristaux disparaissent et il ne reste qu'un feldspath compacte, rougeâtre, que les minéralogistes

anglais appellent *hornstone-porphyry*, et qui paraît en effet se rapporter au *hornstein-porphyr* des minéralogistes de Freyberg.

Nous n'entrerons pas ici dans plus de détails sur l'*elvan*, dont nous aurons occasion de parler plus particulièrement, en décrivant les filons de cette substance qui traversent le granite et le killas. Nous avons voulu seulement donner dès à présent une idée abrégée de ces porphyres, afin de ne pas interrompre ensuite la description des roches de granite et de killas, qui forment essentiellement la masse principale du terrain. (Voir § 23.)

§ 11. — Le granite, qui forme, comme nous l'avons déjà indiqué (§ 3), une suite de groupes de collines situées assez exactement sur une même ligne, dirigées de l'Ouést-sud-ouest à l'Est-nord-est, depuis le cap *Land's - end* jusqu'au Dartmoor-forest, présente peu de variété dans sa composition. Il est en général à gros grains et souvent porphyrique. Le feldspath est généralement d'un blanc sale ou d'un rose pâle; le quarz, qui est presque transparent, est d'un blanc grisâtre, et le mica passe, par des nuances insensibles, du noir au blanc. La proportion de ces trois élémens est variable, le feldspath domine ordinairement beaucoup; les cristaux de cette substance, qui donnent fréquemment au granite la structure porphyrique, sont souvent très-larges, et présentent une teinte différente de celle des autres parties feldspathiques. Lorsque la roche reste long-temps exposée à l'air, ces cristaux finissent par s'en détacher par l'effet de la facile décomposition de la masse. Cette décomposition s'opère en effet avec tant de facilité, que les masses granitiques sont toujours décomposées jusqu'à

Description du granite.

plusieurs mètres de leur surface, excepté dans les parties qui sont journellement baignées par les eaux. On profite de cette circonstance, soit pour y ouvrir des carrières de sable, soit pour y creuser des caves et même des habitations.

En plusieurs points, le granite du Cornouailles est extrêmement friable, par une raison indépendante de cette décomposition superficielle, c'est que tout son feldspath se trouve à l'état de kaolin. Cette substance argileuse est exploitée, aux environs de Saint-Austle, pour les fabriques de porcelaine du Staffordshire.

Minéraux accidentels. Tourmaline.

Si l'on fait abstraction des dépôts de minerais métalliques, la tourmaline est presque la seule substance étrangère que le granite du Cornouailles renferme d'une manière un peu abondante, encore est-il très-rare de rencontrer ce minéral dans l'intérieur des masses granitiques. On ne le trouve ordinairement que disséminé ou tapissant des cavités dans les parties du granite qui avoisinent certains petits filons de quarz et de tourmaline, qui le traversent en grand nombre dans certains endroits.

Pinite.

Le granite renferme aussi en quelques points du Cornouailles des cristaux de pinite.

Émeraude.

On y a même trouvé quelquefois de l'émeraude.

Rapports avec quelques granites de France.

La présence de ces divers minéraux, jointe à celle du kaolin, forme uu point de rapprochement entre le granite du Cornouailles, et celui de certains points du centre de la France et de la Normandie; mais on doit sur-tout remarquer la ressemblance du granite ordinaire du Cornouailles avec celui de Cherbourg, qui, comme lui, se trouve en contact avec un schiste talqueux vert.

Aucune stratification.

On n'a observé dans le granite du Cornouailles

aucune stratification. Quelquefois, à la vérité, il présente une structure tabulaire, dont on voit des exemples remarquables au mont Saint-Michel près Penzance, au Cap-Cornwall, dans les carrières de Saint-Just, etc.; avec un peu d'attention on reconnaît aisément que cette structure n'est pas le résultat d'une stratification du granite, mais d'un fendillement qu'il a éprouvé et qui a été rendu plus sensible par la décomposition : on n'aperçoit cette structure que dans le granite exposé à l'action de l'air; jamais on ne l'observe dans la profondeur ni dans les falaises, où le granite est surmonté par des roches schisteuses. Elle provient aussi fréquemment de la destruction de petits filons qui traversaient le granite (1) : c'est ce qui a lieu, par exemple, dans toute la partie Ouest du mont Saint-Michel, qui est traversée par un très-grand nombre de petits filons verticaux de quarz, lesquels ont été dégradés, jusqu'à une assez grande profondeur, par l'action atmosphérique.

Aucune couche subordonnée, aucun passage.

On ne connaît dans le granite du Cornouailles

(1) M. C. Prevost a cru remarquer au Lands'-end que l'apparence de stratification indiquée par des tissures coïncide avec un changement de structure dans le granite; c'est-à-dire que les lignes de séparation paraissent exister entre du granite à très-gros cristaux de feldspath blanc et du granite à grains fins dont le feldspath est rosé. Cette observation a paru à M. Prevost s'accorder avec ce qu'il avait remarqué en France et dans plusieurs localités du Cotentin, et notamment dans la falaise du port de Dielette; dans ce dernier endroit, il a distingué au moins sept bancs puissans de granites différens par la structure, la couleur, et le plus ou moins de rapprochement avec le porphyre. Ces bancs sont inclinés sous un angle de 45 à 50° au Nord-ouest, et dirigés du Sud-ouest au Nord-est, direction générale des couches.

aucune couche subordonnée proprement dite, et on ne cite qu'un très-petit nombre d'exemples d'alternances entre cette roche et les roches schisteuses qui l'avoisinent, encore est-il très-douteux que ce soient de véritables alternances dans le sens ordinaire de ce mot. On ne connaît pas non plus de point dans lequel on voie un passage minéralogique gradué du granite aux roches schisteuses qui s'appuient sur les flancs des protubérances qu'il forme. Nous reviendrons sur ce sujet en parlant des phénomènes très-remarquables qui s'observent près du point de contact des roches granitiques et schisteuses. (V. § 13.)

Description du killas.

§ 12. — Les roches schisteuses qui constituent le sol de la majeure partie de la contrée que nous décrivons peuvent se diviser, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut (§ 4), en deux classes distinctes; savoir :

Deux classes de roches schisteuses en Cornouailles.

1°. Schiste argileux verdâtre, passant au schiste talqueux et au schiste amphibolique, et prenant quelquefois dans ses parties supérieures une texture arénacée, qui en fait une véritable grauwacke.

2°. Schiste argileux grisâtre, passant à la grauwacke et alternant avec elle, et contenant des couches subordonnées de calcaire compacte.

Peut-être les roches de la première classe passent-elles à celles de la deuxième, qui paraissent cependant constituer une formation à part et plus récente.

Peut-être aussi ces deux classes de roches sont-elles séparées l'une de l'autre par une série de dépôts calcaires, dont le calcaire esquilleux, amygdalin et souvent un peu translucide de Plymouth, ferait partie.

Quoi qu'il en soit, les schistes et les grauwackes de la deuxième classe ont toujours dans

leur cassure quelque chose de terreux qui ne permet pas de les confondre avec les roches analogues de la première. Les schistes argileux verdâtres, qui contiennent la plus grande partie des gîtes de minerai du Cornouailles, sont *le vrai killas des mineurs*, et ce sont les seules roches que nous ayons observées d'une manière assez suivie pour pouvoir espérer d'en donner une description complète.

La variété la plus commune du *killas* est un schiste argileux, médiocrement dur, assez fissile, à feuillets le plus souvent plans, quelquefois contournés, souvent un peu luisans à la surface, et dont la couleur varie du vert d'herbe clair au gris verdâtre et au gris bleuâtre; quelquefois il passe au schiste talqueux, présente des noyaux de quarz blanc, et rappelle le schiste talqueux le plus ordinaire des Alpes; quelquefois aussi il passe à l'amphibole schisteux d'un vert sombre. En outre, il présente, en divers points, des masses d'un grunstein tantôt grenu, tantôt compacte, qui paraît y former des amas.

Variété la plus commune de killas.

En approchant des masses granitiques sur lesquelles il s'appuie, et vers lesquelles ses couches se relèvent, le schiste argileux devient généralement plus dur, moins fissile et beaucoup plus tenace. Il présente alors des variétés nombreuses, qui paraissent être des passages soit à l'amphibole schisteux, soit à une roche feldspathique, tantôt compacte, tantôt schisteuse et micacée, soit même à une espèce de gneiss.

Variétés accidentelles.

III. *Rapports géologiques entre le granite et le killas.*

§ 13.— Le killas enveloppe presque de toutes parts les protubérances granitiques, dont il n'est jamais séparé par aucune autre formation. On

n'observe pas entre ces roches, comme dans plusieurs pays, et notamment en Saxe, un passage par dégradations insensibles. Ce passage, qui a lieu au moyen du gneiss et du mica-schiste, roches qui participent à-la-fois de la structure du granite et du schiste argileux, lie ensemble les membres extrêmes des terrains primitifs. Outre cette relation, on voit encore dans ces contrées les roches contiguës alterner entre elles, circonstance qui porte à conclure que leur origine est due au même ordre de causes, et qu'il n'y a pas eu de changemens brusques entre la formation d'aucune d'entre elles.

Aucun passage, ou dégradation insensible de l'une à l'autre roche.

Alternatives très-rares.

Le granite et le killas du Cornouailles ne présentent jamais le premier caractère de contemporanéité, et que très-rarement le second, si toutefois il existe dans ce pays. En effet, on ne cite qu'un ou deux exemples de l'alternative de ces deux roches, encore ne paraissent-ils pas très-bien constatés. Cette espèce d'indépendance du granite et du killas a fait supposer à plusieurs géologues qu'il s'est écoulé un laps de temps considérable entre leur formation; quelques-uns ont admis que le killas, déposé depuis longtemps en couches horizontales, a été soulevé par le granite qui est sorti des entrailles de la terre. Certains phénomènes que présentent ces terrains, dont les principaux sont la disposition du killas, qui s'appuie de tous côtés sur le granite, et l'existence des filons de granite qui traversent le killas et semblent se fondre dans la masse du granite, ont été invoqués par les Huttoniens comme des preuves irrécusables de cette hypothèse.

Nous nous contentons de faire mention ici de ces idées systématiques, dont la discussion nous entraînerait hors de notre objet; et laissant de

côté toute espèce d'induction théorique, nous nous bornerons à exposer succinctement les différens rapports qui existent entre le killas et le granite.

Killas toujours superposé au granite.

§ 14. — Dans tous les points où la disposition du terrain permet de voir le granite et le killas dans un petit espace, on remarque que ce dernier occupe toujours la partie supérieure (1). Les côtes qui bordent le Cornouailles nous offrent de nombreux exemples de cette superposition (2); mais c'est sur-tout dans les mines que ce phé-

(1) Au nord de Saint-Austle, on voit, dans un ravin, le contact du killas et du granite dans une circonstance remarquable, mais qui n'est pas en contradiction avec ce que nous venons de dire plus haut. Ces deux roches sont séparées par un plan à-peu-près vertical et dirigé de l'Est à l'Ouest. Au midi de ce plan, le sol est entièrement formé de killas, dont les feuillets, dirigés de l'Est à l'Ouest, plongent légèrement au Nord, et sont coupés nettement par la surface du granite, dans le voisinage duquel leur dureté augmente et leur fissilité diminue. Au nord du même plan, le terrain est entièrement formé de granite, qui constitue une colline considérable et paraît s'étendre à une grande distance. Dans tout ce canton, le killas devient dur, presque compacte, et offre souvent des contournemens remarquables lorsqu'on approche de la ligne qui le sépare du granite. Ces faits nous auraient probablement échappé, sans l'obligeance de M. Smith, savant géologue bavarois, qu'un hasard heureux nous fit rencontrer à Saint-Austle.

(2) M. C. Prevost a eu la complaisance de nous transmettre la note suivante : A White-sand-bay, on voit, à marée basse, la jonction de la roche schisteuse amphibolique avec le granite. Celui-ci compose la falaise, et s'avance sur la plage; la roche amphibolique est le prolongement des roches de Saint-Just dans la mer. Au point de contact, les deux roches se pénètrent. J'ai vu la même disposition, les mêmes accidens au cap de *Roesel*, dans le Cotentin. Il y a identité jusque dans la direction de la ligne de jonction des deux roches; cette ligne court du Sud-ouest au Nord-est.

nomène est développé d'une manière frappante. Les principales dans lesquelles on l'observe sont les mines de *Poldice*, *Huel-unity*, *Huel-Alfred*, *Huel-gorland*, *Treskerby*, *Dolcoath*, *Cook's - Kitchen*, etc. Dans ces mines, les travaux ont découvert, sur une longueur de plus de 200 mètres, la ligne de jonction du granite et du killas. On n'y observe aucun bouleversement d'une grande étendue; le killas, seulement, paraît avoir plus de solidité à son point de contact avec le granite, où ces deux roches, suivant l'expression des mineurs, sont entrelacées sur une épaisseur de plusieurs toises. Les filons exploités dans le schiste ont été poursuivis dans le granite, sans que leur puissance, leur richesse et leur composition aient éprouvé aucune altération en passant d'une roche dans l'autre. Cette circonstance très-remarquable prouve, d'une manière certaine, que si le granite est postérieur au killas, sa formation est antérieure à celle des filons, qui elle-même remonte à une époque très-reculée dans l'âge des terrains.

Caractères de leur jonction.

Les filons du killas se prolongent dans le granite.

L'alternative, rare à la vérité, qui existe entre les parties extrêmes des formations de granite et de killas, si elle est bien constatée, semblerait nous indiquer que ces deux formations sont presque contemporaines. C'est sur-tout dans la mine appelée *Cooks'-Kitchen* (1) qu'on a observé ce phénomène. « Le granite s'étend à la profondeur de 30 mètres (15 fath.) (2) de la

Exemple de l'alternation du granite et du killas.

(1) Extrait d'un mémoire de M. John Hawkins, inséré dans le deuxième volume des *Transactions* de la Société géologique du Cornouailles.

(2) Afin d'avoir des mesures en nombres ronds, nous avons toujours supposé que le fathom équivaut à 2 mètres, quoique sa longueur soit seulement de $1^{m},848$.

surface au côté sud du filon, et recouvre le killas, qui forme une couche de 76 mètres (38 fath.) d'épaisseur, à laquelle succède une couche de granite de 6 mètres (3 fath.) de puissance. Il existe encore une couche de killas, puis le granite forme la masse du terrain dans lequel le filon est exploité. » Cet exemple remarquable d'alternative ne paraît pas se prolonger sur une grande étendue, puisqu'elle n'est pas indiquée dans les mines voisines. Les partisans de la théorie de Hutton ont pensé que peut-être cette alternative n'était qu'apparente, et qu'elle n'était que le résultat de masses de granite qui auraient rempli des cavités existant dans le killas.

Grande variété de minéraux près de la jonction des deux roches.

§ 15. — L'intérieur des masses de granite et de killas renferme peu de minéraux étrangers; mais il existe une grande variété d'espèces minérales sur les bords de ces roches, et sur-tout dans les parties qui, par leur altération, annoncent le voisinage de masses d'une autre nature. Ces minéraux sont rarement disséminés dans la roche; ils s'y trouvent en veines, en amas, en petits filons et même en véritables filons. C'est près de la ligne de jonction des deux terrains que l'on observe tous les stockwerks, les amas et la plupart des filons stannifères. Ces derniers se prolongent souvent de l'une des deux roches dans l'autre. C'est aussi près de cette ligne que se trouvent les localités du Cornouailles les plus célèbres par le nombre des variétés minérales qu'elles ont fournies, telles, par exemple, que la paroisse de Saint-Just.

Petits filons et amas pierreux dans le granite au voisinage du killas.

On observe souvent dans le granite, près de sa jonction avec le killas, un grand nombre de petits filons dont la masse est formée de quarz et de tourmaline (*shorl-rock* des Anglais). Ces petits filons et le granite qui les encaisse pré-

sentent souvent une ligne nettement tranchée ; mais souvent aussi les deux roches semblent se fondre et passer de l'une à l'autre ; quelquefois ce shorl-rock atteint un volume considérable et paraît constituer de véritables amas au milieu du granite. Ces amas sont, dans quelques cas, stannifères, ainsi que nous aurons occasion de le dire plus bas.

Petits filons stannifères et pierreux dans le granite aux approches du killas.

§ 16. — Les parties du granite qui avoisinent le killas contiennent aussi de petits filons de quarz et de tourmaline souvent plus ou moins stannifères, quelquefois assez nombreux pour former des stockwerks exploitables ; enfin, les parties du granite voisines du killas présentent en quelques points, comme au mont Saint-Michel, près de Penzance, de petits filons ou filons de quarz qui contiennent à-la-fois de la tourmaline, du wolfram, de l'étain oxidé, des topazes, de la chaux phosphatée et quelques minerais de cuivre.

Les petits filons de quarz et de tourmaline, et les petits filons stannifères ne se trouvent pas exclusivement dans le granite ; il en existe aussi un très-grand nombre dans les parties du killas qui avoisinent le granite, et ils y sont accompagnés de veines, d'amas et même de couches des mêmes substances. Nous donnerons plus bas des détails plus circonstanciés sur ce sujet, en parlant des gîtes de minerais. (V. § 20.)

Petits filons analogues dans le killas aux approches du granite.

§ 17. — On trouve en outre dans les mêmes parties du killas beaucoup de petits filons, de veines et d'amas de quarz, de feldspath, de mica, de chlorite, d'actinote, de grenat, d'axinite, d'asbeste, de prehnite, d'épidote, de topaze et d'autres minéraux, qui sont généralement rares dans les autres parties de ce terrain. Ces minéraux sont

quelquefois réunis plusieurs ensemble et accompagnés d'étain oxidé. L'un des exemples les plus remarquables de ces singulières agglomérations de minéraux est le rocher dans lequel est creusé le puits de descente de la mine de Bottalack, située près du cap Cornwall. Ce rocher, appelé *Crown-Rock*, est principalement formé de quarz, de tourmaline, d'amphibole, de grenat et d'axinite compacte, qui alternent par veines, ayant de quelques lignes à quelques pouces de puissance, et paraissent constituer un amas dans le killas, qui est ici amphibolique.

Filons stannifères plus abondans dans le voisinage de ces amas pierreux.

Quoique les grands filons d'étain paraissent indépendans des gîtes de minéraux que nous venons de citer, il est remarquable que les cantons où ces minéraux sont les plus abondans sont en même temps les plus riches en filons stannifères.

Inductions théoriques tirées de l'existence des veines, etc., pierreuses à-la-fois dans le granite et dans le killas.

Plusieurs des petits filons, des amas et des veines que nous venons d'indiquer, se trouvent indifféremment dans le granite et le killas; et comme, d'après leurs caractères, ils paraissent s'être formés à une époque où les roches dans lesquelles on les observe n'avaient pas encore le degré de consistance qu'elles présentent aujourd'hui, plusieurs géologues se croient autorisés à penser que si le granite est postérieur au killas, ainsi que quelques personnes l'ont avancé, les causes qui l'ont produit ont agi à une époque très-peu différente de celle où le killas a été déposé.

Petits filons de granite dans le killas.

§ 18. — Dans plusieurs localités du Cornouailles on observe de petits filons de granite (1) qui traversent le killas, et qui coupent même des filons de quarz existant dans ce killas. La présence de

(1) Nous nous servons de l'expression de *petits filons*, le granite ne formant pas de véritables *filons*.

ces petits filons, qui, pour la plupart, paraissent appartenir à la masse du granite, dans laquelle ils se fondent, semble, au premier abord, mener à une conclusion différente. En effet, si ces masses granitiques sont de véritables filons, et si elles appartiennent réellement au corps du granite, on serait conduit à conclure que cette roche non-seulement serait postérieure au killas, mais qu'elle le serait même aux filons quarzeux.

Ces petits filons de granite sont très-nombreux; on en a déjà observé dans quatorze localités différentes du Cornouailles (1) : les deux exemples les plus remarquables sont ceux que l'on voit à un mille Est de Trewavas-Head, paroisse de Breage, et au mont Saint-Michel. Nous allons indiquer ces deux exemples, parce qu'ils présentent des circonstances différentes.

Petits filons de Trewavas.

Les petits filons de *Trewavas* sont les plus puissans; ils sont également les plus réguliers : on les

(1) Ce phénomène géologique n'est pas particulier au Cornouailles; divers géologues ont cité de pareils filons en plusieurs points de l'Écosse et de l'Allemagne. Dernièrement, M. Boué, dans un mémoire fort intéressant sur la géologie du Sud-ouest de la France, inséré dans les *Annales des sciences naturelles*, a indiqué que ces filons granitiques sont abondamment répandus dans les Pyrénées, et la description qu'il donne de ceux qui existent dans la vallée de Lacour, de Cierp et de Loucrup, se rapporte exactement avec les caractères des petits filons de granite du Cornouailles, à l'exception que, dans cette dernière localité, les petits filons sont dans un schiste argileux, tandis que dans les Pyrénées ils traversent du gneiss et du mica-schiste. M. Constant Prevost en avait également observé de très-remarquables sur la côte occidentale du département de la Manche, et dans le dernier voyage que cet habile observateur a fait dans le midi de l'Angleterre, il a été frappé de l'analogie qui existe entre les filons du mont Saint-Michel et ceux qu'il avait vus plusieurs années auparavant dans le Cotentin.

voit se dessiner en blanc sur l'escarpement vertical que forme le killas sur cette côte. Ils sont presque verticaux; quelques-uns ont 8 pieds de puissance: leur direction est à-peu-près Nord et Sud; ils plongent rapidement vers l'Est. Plusieurs de ces petits filons se réunissent à leur partie supérieure, et paraissent se fondre dans une masse de granite d'une épaisseur de 40 pieds qui repose horizontalement sur le schiste. La difficulté de gravir ce rocher couvert de bruyère a empêché de constater la relation de ce granite avec les filons; mais il est probable que ce granite est le résultat de leur réunion.

Quelques-uns de ces petits filons renferment des fragmens de schiste (1): ils contiennent tous une grande quantité de quarz et très-peu de mica.

Petits filons du mont Saint-Michel.

Le *mont Saint-Michel*, situé dans l'anse formée par la baie de Penzance, est élevé à-peu-près de 231 pieds au-dessus de la mer; sa base peut avoir un mille de circonférence; il est composé de granite, à l'exception de quelques lambeaux de roche schisteuse, qui reposent sur sa base au Nord, au Nord-est, et sur une partie de sa pente au Nord-ouest. Cette roche schisteuse contient dans quelques parties beaucoup de mica, et ressemble au mica-schiste ou au gneiss: elle plonge vers le Nord et vers le Nord-est, sous un angle de 20° avec l'horizon, de façon qu'elle paraît s'appuyer de tous côtés sur le granite.

La superposition du killas sur le granite est distincte en quelques points; dans d'autres au contraire, ces roches sont tellement entrelacées, qu'il est impossible de dire à laquelle certains

(1) Les petits filons de granite du Cotentin présentent exactement les mêmes circonstances.

blocs appartiennent. A la jonction avec le granite, qui a lieu sur le rivage, au Nord-ouest et au Nord-est du mont, on voit le killas traversé par des filons de granite; et le granite lui-même contenir des fragmens (*patches*) de schistes. Ces petits filons ont peu de largeur, la plupart n'excèdent pas 8 à 10 pouces; ils courent parallèlement les uns aux autres, et sont verticaux : en suivant ces filons, on les voit se perdre dans le granite, duquel on peut supposer que ce sont les embranchemens. Cependant la composition du granite des filons ne paraît pas exactement la même que celui de la masse; il est à grains plus fins, contient une très-grande quantité de quarz, très-peu de mica, et souvent même il en est entièrement privé. Cette différence dans la composition varie, au reste, avec la puissance des filons. Elle est moins grande quand les filons sont plus épais et qu'ils sont rapprochés de la masse du granite, dans laquelle ils se fondent par un passage insensible. Il paraît difficile d'expliquer cette différence, si on suppose que les filons de granite que l'on observe dans le schiste ne sont autre chose que des arêtes granitiques qui n'ont pas été détruites, et autour desquelles le schiste s'est déposé.

Filons de quarz dans le killas et le granite au mont Saint-Michel.

Outre ces petits filons de granite, il existe différens filons de quarz qui coupent les feuillets du schiste, et dont quelques-uns se prolongent également dans le granite; mais les uns sont coupés et rejetés par les filons de granite, tandis que les autres coupent et rejettent les premiers filons de quarz et ceux de granite. Ces filons de quarz sont très-petits : ils ont 2 à 5 pouces de puissance, jamais plus de 5; ils sont peu distans les uns des autres et également verticaux.

Quelquefois, mais rarement, la ligne de divi-

sion entre ces filons de quarz et la roche est très-distincte; plus souvent elle est difficile à apercevoir. La partie extérieure de ces filons est un quarz grisâtre compacte, contenant une assez grande quantité de tourmaline : dans plusieurs autres filons, la proportion de tourmaline est assez grande pour les assimiler aux veines de *Shorl-Rock,* et dans la plupart d'entre eux, cette substance est en assez grande quantité pour donner une couleur noire à leur surface extérieure. Cette abondance de tourmaline est plus grande sur les parois qu'au centre, cette dernière partie étant généralement du quarz pur cristallisé. Dans la plupart des filons, il y a au centre une fissure qui les sépare en deux parties, et dans laquelle il existe des cristaux de quarz. On trouve aussi dans ces cavités une grande quantité d'autres substances cristallisées, de la topaze, de l'étain oxidé, du mica, de l'apatite, de l'émeraude, du wolfram, de l'argent rouge, etc.

D'après la position régulière et verticale de ces filons de quarz, le granite du mont Saint-Michel présente une structure veinée analogue à des couches verticales de granite. Ce caractère se représente dans plusieurs localités, où la masse principale du granite est en contact avec le schiste, principalement à Polmear, dans la paroisse de Zennor, et dans les environs de Logan-Rock. Ces filons de quarz ont beaucoup d'analogie avec les veines de *Shorl-Rock*, dont nous avons parlé plus haut, et il serait possible que les uns et les autres eussent été formés dans les mêmes circonstances.

Impossibilité d'assigner actuellement l'origine de ces petits filons de granite.

L'âge relatif de ces filons de granite est un sujet de discussion parmi les géologues. Ils ont été souvent cités à l'appui de systèmes opposés;

mais plus on examine cette question, plus il est difficile, quant à présent, de former aucune théorie; car ces filons se présentent avec des circonstances si diverses, qu'une supposition qui s'accorde avec la disposition de quelques-uns n'est plus applicable à d'autres.

Résumé sur ces petits filons de granite.

On peut résumer les différens caractères que les petits filons de granite présentent, ainsi qu'il suit:

1o. Ils existent seulement à la jonction ou près de la jonction du granite et du schiste (1).

2o. Ils ne sont pas métallifères.

3o. Ils ne présentent ni direction ni position constantes : ils se dirigent tantôt de l'Est à l'Ouest, de l'Ouest-nord-ouest à l'Est sud-est et du Nord au Sud ; quelquefois même ils affectent dans une même localité toutes ces directions à-la-fois.

4o. Leurs parois et leur direction sont en général aussi droites et aussi régulières que celles de véritables filons, mais ils n'ont pas de directions constantes ; souvent ils s'amincissent en s'éloignant du granite.

5o. Leur longueur n'a jamais été reconnue.

6o. Le granite des filons est à grains plus fins, et contient plus de quarz et moins de mica que le granite proprement dit; quelquefois même ce dernier élément manque entièrement.

7o. Le killas, à l'approche des petits filons de granite, est plus dur et moins fissile.

8o. Dans plusieurs localités, notamment au mont Saint-Michel, les petits filons de granite paraissent se réunir dans la masse granitique, avec laquelle ils se confondent et perdent alors entièrement les caractères de filons. On ne cite, au contraire, qu'un seul exemple où (à Carn-Silver) le

(1) Extrait d'un mémoire de M. Carne, deuxième volume des *Transactions* de la Société géologique du Cornouailles.

filon granitique coupe également le schiste argileux et le granite; mais il y a beaucoup d'autres cas où on n'a pu constater les rapports entre le granite et les petits filons, parce que leur point de jonction est inaccessible.

9°. Quelquefois les petits filons paraissent intimement liés avec le schiste et lui être contemporains; d'autres fois, au contraire, ils présentent des parois aussi distinctes que les véritables filons.

10°. Dans quelques localités (notamment au mont Saint-Michel), le killas est traversé par des filons de quarz, qui sont eux-mêmes coupés par les filons de granite, tandis que d'autres filons de quarz, au contraire, coupent les filons de quarz et ceux de granite.

11°. Dans la plupart des localités, le schiste repose sur le granite sans aucune dislocation, et ces deux roches sont même entrelacées sur une certaine épaisseur.

IV. *Modes de gisement des divers minerais d'étain et de cuivre.*

§ 19. — On exploite en Cornouailles des minerais d'étain, de cuivre, d'arsenic, de plomb et même d'argent. Indication des divers gisemens.

Les minerais d'étain se rencontrent : 1°. en petites couches ou veines, ou en amas; 2°. en *stockwerks* ou réunions de petits filons épars dans la roche; 3°. en filons; 4°. disséminés dans les dépôts d'alluvion.

Les minerais des autres métaux ne se trouvent qu'en filons; on cite cependant une mine dans laquelle on exploite des pyrites cuivreuses, qui paraissent être en *petits filons ou stockwerks* dans l'elvan.

Veines ou amas stannifères (tin-floors).

§ 20. — Les veines ou amas stannifères sont

de petites couches minces ou amas aplatis de minerais, de peu d'étendue, mais quelquefois assez multipliés, qui se trouvent interposés entre les couches de certaines roches et parallèlement à ces couches. Les mineurs anglais distinguent généralement ce mode de gisement sous le nom de *floors*, et lorsqu'ils y rencontrent de l'étain sous celui de *tin-floors*. On verra plus bas, § 21, qu'ils donnent également ce nom à de véritables stockwerks.

On connaît plusieurs de ces veines stannifères dans les parties du killas qui avoisinent le granite : il paraît qu'il en existe un grand nombre dans la bande étroite de killas qui, s'appuyant sur le granite et plongeant vers la mer, forme le rivage depuis le cap Cornwall jusqu'à Saint-Yves. Dans la mine appelée *Grill's-bunny*, près Saint-Just, on voit un de ces *tin-floors*, formé de la réunion de petites veines, qui alternent avec le schiste amphibolique ocreux, sur une hauteur de 20 mètres. Ces veines plongent de 30° vers le nord; elles ont été exploitées jusqu'à environ 80 mètres suivant leur pente, et à-peu-près sur la même étendue, suivant leur direction. Près de ces *floors* d'étain, on a observé des *floors* de tourmaline (*cockle*) d'une puissance variable, et alternant avec du schiste amphibolique (*ironstone*) (1). L'étain se trouve généralement au-dessous d'eux; ils plongent également vers le Nord; on a découvert dans ces *floors* la présence de l'axinite.

Dans la mine de Bottalack, on a trouvé un *tin-*

(1) Les mineurs du Cornouailles donnent le nom d'*ironstone* (pierre de fer) aux roches amphiboliques, à cause de leur dureté; tandis que, dans les comtés où il existe un grand nombre d'usines à fer, le mot *ironstone* signifie minerai de fer.

floor dans le killas à 72 mètres (36 fath.) au-dessous du niveau de la mer; il a environ 1 pied et demi d'épaisseur, et occupe l'espace compris entre un filon principal et une ramification de ce filon; mais on n'aperçoit aucune liaison entre le *floor* et le filon.

On cite encore dans ce canton d'autres gisemens d'étain, qui sont en connexion avec les filons : on en connaît d'analogues à la jonction du killas et du granite; on trouve même dans cette dernière roche des dépôts stannifères différens des filons, et souvent sans liaison avec eux, auxquels les mineurs appliquent également le nom de *floors*, mais qui peut-être ne sont pas entièrement analogues à ceux que renferme le killas.

C'est à tort qu'on a regardé les tin-floors comme des réunions de plusieurs filons.

Beaucoup de personnes ont pensé que les *tin-floors* du Cornouailles, particulièrement ceux qui se trouvent dans le killas, proviennent de la réunion de plusieurs filons, ou de l'élargissement d'un seul, ou enfin qu'ils n'en sont que des ramifications ou des appendices. Il est possible que ces conjectures soient vraies pour quelques uns de ces *tin-floors*; mais quand il existe plusieurs *floors* parallèles entre eux et avec la roche, séparés par des bancs réguliers de killas, et sans connexion apparente avec aucun filon évident, il devient assez difficile de leur appliquer aucune de ces suppositions; on est réduit à les ranger, quant à présent, dans la classe des gîtes contemporains.

Stockwerks ou réunions de petits filons stannifères.

Des stockwerks stannifères; ils sont dans le granite et dans l'elvan.

§ 21. — Ils se trouvent dans le granite et dans le porphyre feldspathique appelé *elvan*. Les mineurs anglais ont également donné le nom de *tin-floor* à ce mode de gisement de l'étain.

Stockwerks stannifères dans le granite. (Mine de Carclase.)

Parmi ceux que renferme le granite, on remarque principalement celui sur lequel est ouverte la mine d'étain de *Carclase*, près Saint-Austle. L'exploitation est à ciel ouvert; elle laisse voir un granite friable, dont le feldspath est à l'état de kaolin, et qui est traversé par un grand nombre de petits filons composés de tourmaline, de quarz et d'un peu d'oxide d'étain, qui se dessinent en noir sur la surface blanchâtre du granite. Ces petits filons se rapportent à deux systèmes principaux : les uns, dirigés à-peu-près de l'Est à l'Ouest, s'éloignent peu de la verticale; les autres, dont la direction est sensiblement la même que celle des premiers, plongent vers le Sud en faisant avec l'horizon un angle d'environ 70°; d'autres petits filons moins nombreux que les précédens traversent le granite dans diverses directions. Tous ces petits filons paraissent être contemporains; car ils se fondent les uns dans les autres aux points où ils se rencontrent. Un grand nombre d'entre eux présentent, vers leur milieu, une fente qui contient des cristaux de tourmaline, et quelquefois du talc verdâtre; les parois de la fente sont principalement formées d'un mélange de tourmaline amorphe et de quarz contenant des grains assez informes de talc verdâtre. Quand la fente manque, le milieu du petit filon est de cette nature : de part et d'autre du milieu du petit filon, la proportion de la tourmaline diminue, et on aperçoit les élémens du granite, qui ne paraissent plus agglutinés que par du quarz; plus loin encore, le granite est friable, et rien ne le distingue plus du reste de la masse qui sépare deux petits filons voisins. La puissance de ces petits filons, y compris le granite solidifié qui y adhère, n'excède jamais six pouces et est souvent

beaucoup moindre : toute cette masse est parsemée de petits cristaux d'un brun rougeâtre et un peu transparens d'étain oxidé. Nous avons remarqué des fragmens de ces petits filons stannifères épars sur la surface du sol, à une assez grande distance à l'Ouest de cette mine, ce qui prouve que le gîte s'étend dans cette direction; vers le Midi, au contraire, il se termine à peu de distance; car en descendant de ce côté vers la mer, on se trouve en très-peu de temps sur le killas, qui, comme cela arrive en général dans le voisinage du granite, présente une assez grande dureté : nous en avons remarqué des fragmens très-durs, peu fissiles, presque compactes et qui présentaient des contournemens très-brusques et très-compliqués.

On connaît plusieurs autres stockwerks stannifères d'une étendue beaucoup moins considérable dans le granite qui supporte immédiatement le killas dans la paroisse de Saint-Just; on les exploite concurremment avec des filons qui les avoisinent et dont l'exploitation a conduit à les découvrir; ils reçoivent souvent des ouvriers le nom de *tin-floors*. Autres petits stockwerks stannifères dans le granite.

L'oxide d'étain concrétionné (*wood-tin*, étain xyloïde, étain de bois) paraît, d'après M. Magendie, se trouver dans des gisemens analogues : on sait qu'il se trouve le plus souvent roulé dans les alluvions d'étain. Gisement de l'étain xyloïde (*wood-tin*).

Ces petits filons de quarz et de tourmaline, mêlés de minerai d'étain, paraissent être assez nombreux dans le Cornouailles; mais on ne cite que le stockwerk de Carclase où l'oxide d'étain ait été trouvé disséminé en assez grande proportion pour permettre de l'exploiter avec bénéfice.

Il existe, au contraire, un assez grand nombre de mines dans lesquelles le minerai d'étain se Stockwerks stannifères dans l'elvan.

trouve en petits filons épars dans l'elvan; de ce nombre était la mine de Wherry, aujourd'hui abandonnée, ouverte sur le rivage entre Penzance et Newlin. Le gîte consistait en une infinité de petites veinules stannifères, disséminées dans un filon d'elvan de plusieurs mètres de puissance, qui traverse le killas.

Mine de Wherry.

Mine de Trewidden-ball.

La mine de Trewidden-ball, dans la paroisse de Madron, est un exemple remarquable du même genre de gisement (1): le terrain dans lequel l'exploitation est ouverte consiste en masses aplaties d'elvan, séparées par des couches de killas, qui plongent vers l'Est-nord-est, sous un angle considérable. C'est dans ces masses d'elvan que le minerai d'étain se rencontre en petits filons, dont la puissance varie depuis un demi-pouce jusqu'à 8 ou 9 pouces, et qui sont si irréguliers et si interrompus, qu'il est difficile de déterminer, soit leur direction, soit leur inclinaison.

Ces petits filons paraissent fréquemment diverger d'une masse centrale, comme les racines d'un arbre divergent de son tronc; le minerai d'étain qu'on y trouve est en masses très-solides et assez étendues : sa gangue est en général plus ou moins quarzeuse; quelquefois, quoique rarement, il est mélangé de tourmaline en masse (cockle). C'est précisément cette variété d'étain oxidé qu'on trouve à Roche et à Saint-Denis, et qui se distingue par la cristallisation colonnaire; sa pesanteur spécifique et sa teneur en étain sont moindres que celles d'aucun autre minerai d'étain.

Les masses d'elvan dans lesquelles ces petits filons se trouvent ont, chacune, de 2 à 3 pieds de puissance. Le porphyre qui les compose est blanc,

(1) Extrait d'un Mémoire de M. Hawkins, 2e. vol. des *Transactions* de la Société géologique du Cornouailles.

et reçoit en ce lieu le nom de *tin-mother*, MATRICE DE L'ÉTAIN ; à mesure qu'elles descendent, elles paraissent se rapprocher les unes des autres, et les couches de killas deviennent plus minces; les dernières sont même quelquefois terminées en forme de coin, par la réunion de deux masses d'elvan ; circonstance qui fait espérer que plus bas les différentes masses d'elvan seront réunies, et qu'elles ne formeront qu'un seul massif, qui présentera à-la-fois tous les petits filons ou *floors* d'étain.

Divers filons coupent ces floors stannifères : un d'eux, appelé *tangy-course*, composé de quarz et variant de $\frac{1}{4}$ de pouce à 8 pouces de puissance, court du Nord-ouest au Sud-est, en traversant les *tin-floors* et les enrichissant. Quelques autres filons peu puissans de quarz courent dans ces *floors* et les enrichissent ordinairement : deux d'entre eux, appelés *orchard-courses*, courent à-peu-près Est et Ouest; il y a en outre quelques filons peu considérables de tourmaline (cockle), qui coupent les *tin-floors* et plongent vers le Sud de 30 à 40°.

Des filons du Cornouailles en général.

Position géographique des filons du Cornouailles.

§ 22.—Les filons métallifères ne sont pas également répandus sur la surface du Cornouailles et de la partie du Devonshire, dont nous faisons connaître la constitution géologique; ils sont groupés dans trois cantons, savoir :

1°. Dans la partie Sud-ouest du Cornouailles, au-delà de Truro;

2°. Aux environs de Saint-Austle;

3°. Aux environs de Tavistock, en Devonshire.

Le premier de ces groupes est le plus riche en exploitations; c'est aussi celui qui a été le plus étudié, et presque tout ce que nous dirons

sur les filons du Cornouailles se rapportera plus particulièrement à ceux de ce canton.

Les mines d'étain et de cuivre n'y sont pas indifféremment distribuées : les premières se trouvent en plus grand nombre à son extrémité Sud-ouest, dans la paroisse de Saint-Just, près du cap Cornwall, tandis que les mines de cuivre sont groupées principalement aux environs de Redruth, situé près de l'extrémité Est de ce district.

La position de ces deux genres de mines est en rapport avec la constitution géologique du pays. Le canton qui abonde le plus en mines d'étain est principalement granitique, et celui des mines de cuivre est formé de killas, comme on peut le voir sur la carte : ainsi l'observation de la position des mines indique que l'étain a plus de relation avec le granite que le cuivre n'en a avec cette roche. Au reste, il ne faut pas prendre ces rapprochemens d'une manière absolue; ils sont sur-tout exacts, si nous considérons le nombre des filons et non leur richesse : ainsi les filons d'étain, très-nombreux dans le granite, le sont moins dans le killas; mais la plupart de ceux exploités dans cette roche, comme dans les environs de Breage, de Helston, de Camborne et de Saint-Agnès, sont riches, et donnent naissance à des exploitations importantes.

Les filons de cuivre, au contraire, sont abondans dans le killas et très-rares dans le granite, quoiqu'ils en soient toujours très-rapprochés, et paraissent être, ainsi que ceux d'étain, près de la jonction de ces deux formations, situation pour laquelle les gîtes d'étain et de cuivre paraissent avoir une sorte d'affinité.

Le Cornouailles est traversé par plusieurs systèmes de filons métallifères et pierreux. Leurs

directions à-peu-près uniformes semblent nous indiquer que la force qui a produit ces fentes a dû agir à des époques différentes, mais, à très-peu d'exceptions près, dans une direction constante.

Les rejets qu'éprouvent les différens systèmes de filons par leurs rencontres réciproques nous font connaître leur âge relatif : leur composition est également, en Cornouailles, un caractère qu'on peut employer pour assigner leur ancienneté ; car, par exemple, les filons dont la gangue est composée de quarz et autres minéraux durs sont plus anciens que les filons à salebandes argileuses.

Outre ces filons métallifères, il existe certains filons pierreux, comme ceux d'elvan et ceux d'argile, qui, étant intimement liés avec les premiers, doivent être décrits avec eux.

Nous classerons ces différens filons dans l'ordre suivant :

Différentes natures de filons.

1°. *Filons d'elvan* (ELVAN-COURSES, *ou* ELVAN-CHANNELS);

2°. *Filons d'étain* (TIN-LODES) (1);

3°. *Filons de cuivre qui se dirigent Est et Ouest* (EAST AND EST COPPER-LODES);

4°. *Deuxième système des filons de cuivre* (CONTRA COPPER-LODES);

5°. *Filons croiseurs* (CROSS-COURSES);

6°. *Filons de cuivre les plus modernes* (MORE RECENT COPPER-LODES);

---

(1) Les mineurs du Cornouailles se servent du mot *lode* pour indiquer un filon riche en minerai du métal particulier qui fait le but de l'exploitation, et de *course* pour les filons stériles. Les *cross-courses* contiennent quelquefois du plomb, mais jamais de cuivre ni d'étain, si ce n'est près des points où ils coupent des filons de ces deux métaux, et comme ces deux derniers métaux forment les exploitations principales du Cornouailles, on regarde comme stériles les filons quelquefois plombifères dont nous parlons.

présente plus d'incertitude. Il est probable que l'elvan s'est formé entre les deux époques, sans doute très-rapprochées, où l'étain s'est déposé : en effet, on trouve des filons et de petits filons (*stockwerks*) d'étain qui traversent l'elvan et qui, par conséquent, lui sont postérieurs, tandis qu'à leur tour quelques filons d'étain sont coupés par ceux d'elvan, et sont, par conséquent, d'une origine un peu plus ancienne. Nous indiquerons des exemples de ces deux cas.

Petits filons d'étain dans l'elvan: exemple de la mine de Trewidden-ball.

La mine de Trewidden-ball, décrite plus haut § 21, est exploitée sur une réunion de petits filons d'étain qui traversent une masse d'elvan dans tous les sens, et qui sont, par conséquent, postérieurs à cette roche. La mine de Wherry, actuellement abandonnée, citée aussi au § 21, était exploitée sur un gisement entièrement analogue.

Filon d'étain coupé par le filon d'elvan : exemple de la mine de Polgooth.

La mine de Polgooth nous offre, au contraire, l'exemple de filons d'étain coupés par l'elvan.

Cette mine, anciennement l'une des plus productives du comté de Cornouailles, fut abandonnée pendant long-temps, à cause de l'insuffisance des machines d'épuisement; elle a été reprise il y a deux ans.

Le terrain (1) est formé de killas, dont les couches plongent vers l'Ouest-sud-ouest, sous un angle d'environ 20°. Le filon principal, appelé *polgooth lode* (filon de Polgooth), se dirige Est et Ouest de la boussole ; il a été suivi à une grande distance dans cette direction ; il plonge généralement vers le Nord. Son inclinaison (2)

(1) Cette description est extraite d'un mémoire de M. John Hawkins, inséré dans le premier volume des *Transactions* de la Société géologique du Cornouailles.

(2) Au lieu d'exprimer l'inclinaison d'une couche ou

est moyennement de 6 pouces par toise ; ce qui correspond à un angle de 4° ½ avec la verticale, ou 85° ½ avec l'horizontale.

Sa puissance, peu considérable, se réduit fréquemment à 6 pouces et en a rarement plus de 12 ; mais il existe un point où le filon est tellement augmenté par les nombreuses branches qui viennent s'y réunir, qu'il acquiert de 10 à 14 pieds anglais d'épaisseur. On a observé que quelques-unes de ces branches se séparent au bout de peu de toises, tandis que d'autres restent unies au filon sur une longueur beaucoup plus considérable. Ces filons accompagnans, assez convenablement appelés *nourrisseurs* (FEEDERS), manquent rarement de fournir des masses riches de minerai au point où ils viennent se rattacher au filon principal.

Le filon de Polgooth coupe plusieurs autres filons, qui courent du Nord-ouest au Sud-est (*fig.* 11, *pl.* IX), et qui ont été très-productifs en étain.

Les deux portions de l'un de ces filons coupés ont reçu deux noms différens : celui de *polyer* au Nord et celui de *screeds* au Sud. Le filon se dirige du Nord-nord-ouest au Sud-sud-est de la boussole, et il plonge vers l'Est sous un angle de 57° environ.

La puissance moyenne de la portion dite *polyer* est de 6 à 7 pieds, et celle de la portion dite

d'un filon par l'angle que forme le plan de la couche ou du filon avec l'horizon, les Anglais indiquent généralement la tangente de l'angle que forme ce plan avec la verticale, en disant que la couche s'écarte de la verticale de tant de pouces par toise ; ce qui s'exprime en Anglais, par exemple pour le cas présent, par s'écarter de six pouces par fathom, *underlie six inches in a fathom* : nous nous servirons dorénavant de l'expression française.

screeds est de 3 pieds ½ à 4 pieds. Sa masse, généralement très-solide, est composée de quarz et de chlorite. On trouve dans ce filon des masses considérables de killas qui forment les parois ; elles ont de 3 à 4 toises de hauteur, sur 2 ou 3 pieds de large.

La partie dite *screeds*, qui est la plus méridionale, a été rejetée par le filon de Polgooth, d'environ 15 pieds sur la droite ou du côté de l'angle obtus, ainsi qu'un filon (*St.-Martyn's lode*) d'une puissance considérable, qui diverge de ce point en faisant avec elle un angle d'environ 22° vers l'Est. On connaît encore dans la mine deux autres filons d'étain appelés *new glands-lode* et *vanvean-lode*, qui sont coupés l'un et l'autre par le filon principal *polgooth-lode*. On y voit aussi un filon croiseur Nord-sud (*cross-course*), qui coupe et rejette le filon de Polgooth ; il est composé de minerai, de cuivre et de pyrite arsenicale.

A 150 toises du filon de Polgooth, on rencontre vers le Sud un large filon d'elvan, qui converge vers le filon de Polgooth en s'avançant vers l'Ouest.

Ce *dyke* porphyrique, comme on peut l'appeler, est distingué ici sous le nom de *quarry elvan*, elvan propre à bâtir ; il plonge de 45° Nord et rencontre le filon de Vanvean à la profondeur de 48 toises, et le coupe suivant une ligne horizontale, à la manière des filons argileux nommés *slides* ; il y occasionne un rejet.

L'elvan a été suivi jusqu'à la profondeur de 76 toises au-dessous de la galerie d'écoulement : il a une puissance constante de 7 toises ; il coupe le filon de screeds, et le rejette de 15 pieds du côté du plus petit angle.

En suivant l'elvan encore plus loin dans la même direction, on arrive au point de son intersection avec le filon de Saint-Martin, en ce point, dans la galerie de 45 toises, l'elvan et le filon Saint-Martin sont coupés l'un et l'autre par un filon argileux vertical (*flookan*), dont la direction fait un angle d'environ 30° avec celle du premier : il en est résulté un rejet considérable et très-compliqué sur la gauche ou du côté du plus petit angle.

Les filons métallifères sont affectés de diverses manières par les filons d'elvan qu'ils traversent : le plus ordinairement, ces premiers passent à travers l'elvan comme à travers le killas, sans éprouver d'altérations apparentes : quelquefois ils s'amincissent, s'appauvrissent, se divisent en filets ; d'autres fois, au contraire, le filon, en entrant dans l'elvan, augmente de puissance et s'enrichit. La mine de cuivre de *Huel-alfred,* à Pillack, fournit un exemple remarquable de cette circonstance : le filon d'elvan a 100 mètres (50 fath.) de puissance ; il court du Nord-est au Sud-ouest, et plonge au Nord-ouest sous un angle de 45°. Le filon métallifère qui s'enfonce vers le Nord, sous un angle de 18° à 20°, avec la verticale, produisait très-peu de minerai de cuivre lorsqu'il était dans le killas : aussitôt qu'il devint en contact avec l'elvan, il s'enrichit, et sa richesse s'accrut à mesure qu'il s'enfonça dans cette roche ; sa puissance, qui était de 6 pieds dans le killas, s'accrut jusqu'à 24 dans l'elvan. A la profondeur de 240 mètres (120 fath.), il sortit de l'elvan et rentra dans le killas. A partir de ce point, sa puissance diminua graduellement, et à la profondeur de 300 mètres (150 fath.), elle était seulement de 10 pieds. Sa richesse commença

Influence des filons d'elvan sur les filons métallifères qu'ils rencontrent.

Mine de cuivre de Huel-Alfred.

y a cependant des exceptions à cette espèce de régularité; quelques-uns se dirigeant exactement Est et Ouest, et d'autres, mais fort rares, du Nord-est au Sud-ouest.

Inclinaison. L'inclinaison moyenne est de 31° à 72 avec l'horizon.

Étendue, profondeur, puissance. La longueur et la profondeur de ces filons d'étain, ainsi que de ceux des autres métaux, n'ont jamais été reconnues. Quelques-uns, ceux de Poldice, ont été suivis sur une étendue de deux milles; leur épaisseur varie depuis quelques lignes jusqu'à plusieurs pieds; la largeur moyenne est de deux à quatre pieds; cette largeur n'est pas constante, les filons présentant continuellement des rétrécissemens et des renflemens.

Leur composition. La composition des filons d'étain est la même, quel que soit le système dont ils font partie, la gangue est tantôt de quarz, de chlorite, de quarz et de tourmaline, de quarz mélangé de chlorite, ou de quarz et de mica; quelquefois tous ces élémens sont réunis dans un même filon. Beaucoup de filons de la commune de Saint-Just sont accompagnés de granite décomposé; enfin, quelquefois la chaux fluatée est associée avec le minerai d'étain.

Ces filons, outre l'étain oxidé, renferment les minéraux métalliques regardés comme les plus anciens, tels que le wolfram, les arséniates de fer et de cuivre, le phosphate de cuivre, le nikel natif, le bismuth, l'urane, etc. : les pyrites de cuivre, quoiqu'en général d'un gisement postérieur, y sont également fort abondantes, et souvent une mine d'étain peut aussi être regardée comme une mine de cuivre.

Richesse. La richesse des filons d'étain n'est pas cons-

tante : quelques-uns sont plus riches dans la hauteur; d'autres, au contraire, s'enrichissent en s'approfondissant.

Le granite, ainsi que nous l'avons déjà dit, § 22, renferme une plus grande quantité de filons que le killas; mais ceux qui traversent cette dernière roche sont beaucoup plus riches.

Leur allure quelquefois différente dans le killas ou le granite.

Le gisement de l'étain paraissant être principalement à la jonction du granite et du killas, les filons doivent se prolonger souvent de l'une de ces roches dans l'autre. Le plus ordinairement, dans ce passage, l'allûre et la richesse des filons n'éprouvent aucune altération; mais quelquefois le changement de roche influe sur le filon : ainsi, dans la commune de Saint-Just, et notamment à Bottalack, les filons sont plus riches à la jonction des deux roches que dans aucun autre point de leurs cours. Dans la paroisse de Breage, les filons exploités dans le granite sont coupés presque brusquement à l'approche du killas, où l'on peut dire qu'ils semblent se terminer, tandis que quelques autres au contraire, celui de *carleen* par exemple, riches dans toute la partie qui traverse le killas, se réduisent à une veinule en entrant dans le granite.

Enrichissement ou appauvrissement à la rencontre de deux filons.

L'intersection des filons d'étain entre eux, ou avec des filons de fer appelés *guides*, apporte aussi quelques changemens dans la richesse des filons. Une longue expérience a appris aux mineurs de Saint-Just que, suivant l'angle sous lequel l'intersection a lieu, il en résultait un enrichissement ou un appauvrissement du gîte. L'angle de 45° paraît être une espèce de limite : aussi, quand l'angle compris entre les deux filons est plus grand que 45°, ils n'espèrent pas d'en-

richissement de la rencontre des filons; quand, au contraire, il est plus petit, spécialement entre 20° et 30°, ils espèrent trouver une quantité considérable d'étain à la rencontre des filons. Ce fait, en apparence singulier, se conçoit facilement, parce que deux filons qui se rencontrent sous un petit angle doivent marcher ensemble sur une plus ou moins grande largeur, et présenter par conséquent un renflement, ainsi que la *fig.* 4, *pl.* VIII, l'indique.

Cette règle, quoique générale, éprouve des exceptions.

Comparaison du gisement de l'étain en Saxe, en Cornouailles et à Pyriac.

En comparant les différens gisemens de l'étain oxidé en Cornouailles avec ceux de ce minéral en Saxe, on trouve la plus grande analogie non-seulement pour les genres de gisement, mais même pour l'âge des filons. Ainsi, d'après la description que M. Manès en a donnée dans le huitième volume des *Annales des mines*, on voit que l'étain se trouve, en Saxe, en amas, en stockwerks et en filons, et qu'il n'en existe pas de véritablement disséminé dans la masse du granite. Ces trois genres de gisement ont exactement leurs correspondans en Cornouailles; mais ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que le terrain de gneiss paraît être le plus riche en dépôts stannifères. Ce terrain, regardé par tous les géologues comme le passage du granite au schiste, correspond assez bien par sa position à la jonction du granite et du killas du Cornouailles, toutes les roches qui leur sont intermédiaires manquant dans cette partie de l'Angleterre, l'âge des gîtes stannifères est également resserré dans les deux contrées entre les dernières parties du terrain granitique et la grauwacke qui re-

couvre immédiatement les roches schisteuses; car ni en Saxe ni en Cornouailles, on ne cite d'exploitation d'étain dans cette roche de transition. Un autre rapprochement également fort intéressant, c'est qu'il existe en Allemagne plusieurs stockwerks d'étain disséminé dans un porphyre, notamment celui d'Altenberg, correspondant très-probablement à l'elvan du Cornouailles.

Cette espèce de limite des dépôts stannifères, constatée dans les deux pays les plus riches en mines d'étain, se retrouve encore à Pyriac, sur la côte de Bretagne. Dans cette localité, ainsi que l'un de nous l'a décrit dans un rapport imprimé dans le quatrième volume des *Annales des mines*, toute la côte, depuis Saint-Nazaire jusqu'à Penhareng, village situé à deux kilomètres au Sud-sud-ouest de Pyriac, est composée de granite, auquel succède une formation schisteuse. C'est dans les 400 derniers mètres de la formation granitique que commence la présence de l'étain, et on retrouve ce métal dans les roches schisteuses au-delà de Pyriac. L'étain oxidé n'a été reconnu jusqu'ici sur cette côte qu'en petits amas, n'ayant aucune relation entre eux : gisement qui, sur une échelle beaucoup plus petite est analogue aux *tin-floors* du Cornouailles. Trompé sur les véritables gisemens de l'étain, les recherches ont été dirigées jusqu'ici principalement sur le granite; mais il serait indispensable, si jamais on en faisait de nouvelles, d'explorer également le schiste. Il est d'autant plus probable que les petits amas d'oxide d'étain que nous venons de citer ne sont pas les seuls gîtes de ce minéral sur cette côte de la Bretagne, que parmi les nombreux galets répandus sur la plage, beaucoup présentaient en-

core des formes cristallines; tandis qu'on n'a trouvé aucun cristal d'oxide d'étain dans les amas qui ont été reconnus et exploités dans le granite. Cette disposition du gisement de l'étain dans les parties les plus modernes du granite, est d'accord avec l'opinion que M. de Humboldt a émise dans son *Essai géognostique sur les roches*, que le granite stannifère est un des plus modernes.

Des filons de cuivre les plus anciens.

Trois systèmes.

§ 25. — Il existe en Cornouailles trois systèmes de filons de cuivre : les plus anciens, qui forment la base de la plus grande partie des exploitations de cuivre de ce comté, se dirigent de l'Est à l'Ouest; aussi les mineurs leur donnent le nom de *east-and west copper-lodes*.

Les filons du second système se dirigent du Sud-est au Nord-ouest; voir § 26.

Les filons les plus modernes se dirigent, comme les plus anciens, de l'Est à l'Ouest, et on ne les reconnaît que parce qu'ils coupent et rejettent les filons croiseurs, ainsi que nous l'indiquerons plus bas, § 28.

Détails sur les plus anciens.

Le premier système est regardé comme le plus ancien, parce qu'il est toujours traversé par les deux autres, et qu'au contraire ils ne le coupent jamais.

L'inclinaison des filons Est et Ouest est variable. Ils plongent le plus souvent vers le Nord, sous un angle d'environ 70° avec l'horizon; mais quelquefois cet angle n'est que de 35°.

Largeur, longueur.

La largeur de ces filons n'excède pas six pieds; mais quelquefois ils présentent des renflemens qui la portent jusqu'à 12. On ne connaît pas leur

longueur : celui qui est exploité dans *United-mines* a été reconnu sur une étendue de 7 milles.

Gangue.

La gangue de ces filons est généralement du quarz, ou pur, ou mélangé de parties vertes analogues à de la chlorite; quelquefois elle est de chaux fluatée ou composée de ces deux élémens à-la-fois. Ces filons contiennent des pyrites de fer, de la blende, du cuivre sulfuré et beaucoup d'autres combinaisons de cuivre, telles que le cuivre carbonaté, phosphaté, arséniaté, muriaté, etc., mais en très-petite quantité.

Filons argileux, accompagnans, salebandes.

La plupart des filons de cuivre sont accompagnés de petits filons argileux, appelés par les mineurs *fluckan of the lode;* ils sont souvent des deux côtés du filon, et correspondent alors aux salebandes de Werner; mais quelquefois ils sont d'un seul côté et passent fréquemment d'un côté à l'autre; enfin ils se séparent du filon sur un espace de quelques mètres et le rejoignent bientôt.

Leur changement par le croisement de filons cuivreux plus modernes.

Dans plusieurs mines de cuivre, principalement dans celles qu'on appelle *United-mines*, exploitées sur le filon principal qui appartient au système le plus ancien (Est et Ouest), on a reconnu que la richesse augmentait des deux côtés à l'approche des filons plus modernes de cuivre.

Quelques mines ont aussi présenté, dans ces croisemens, ce fait singulier, que le filon était plus riche seulement d'un côté, et entièrement stérile après l'intersection. Cette circonstance pourrait faire naître l'idée que l'antériorité de formation des filons Est et Ouest sur celle des filons Sud-est et Nord-ouest quoique constante, prise en général, ne doit pas être appliquée à toute la masse de ces filons; que plusieurs de ces filons plus anciens étaient stériles à l'époque de leur formation, et

qu'ils ne se sont enrichis de minerais métallifères que postérieurement à l'époque de la formation des filons plus modernes et par suite de la rencontre de ces derniers. Alors on conçoit qu'il peut arriver qu'un filon riche avant l'intersection d'un second filon soit stérile après.

Il arrive quelquefois, mais rarement, que deux filons cuivreux viennent s'appliquer longitudinalement sans qu'il y ait eu intersection visible : dans ce cas, le filon présente un renflement en ce point; mais il se sépare ensuite, *fig.* 4, *pl.* VIII.

Autres accidens.

Des filons qui ont été stériles sur une certaine étendue deviennent quelquefois productifs à une plus grande distance du jour : ce passage se fait par gradation. La nature de la gangue ne change pas entièrement; mais son état éprouve quelque modification : c'est ainsi que le quarz, au lieu de former des masses solides, devient pénétré de fissures dans tous les sens, et présente un grand nombre de cavités. Les mines dites *United-mines* présentent cet accident; dans d'autres cas, l'une des parties composantes de la gangue augmente beaucoup en proportion : ainsi, lorsqu'elle est formée d'un mélange de quarz et de chlorite, le premier de ces composans diminue peu-à-peu, et il ne reste presque que de la chlorite pure; ces changemens s'observent aussi fréquemment dans les mines d'étain.

Quelques filons ont donné du cuivre près de la surface, tandis qu'on les a trouvés riches en étain dans leur partie inférieure, comme on l'observe dans la mine de Cook's-Kitchen, *fig.* 3, *pl.* VIII. Il est probable que ce phénomène est dû à la rencontre de deux filons, dont l'un est cuprifère et l'autre stannifère.

Une longue expérience a fait connaître que les filons de cuivre sont généralement peu productifs dans un district de mines d'étain.

Nous avons déjà indiqué que les filons d'étain sont antérieurs à ceux de cuivre ; ces derniers sont, à leur tour, plus anciens que les cross-courses et les filons argileux ; car ils sont coupés également par ces deux genres de filons. Les *fig.* 1, 2, 5, 9, 10 et 11, *pl.* VIII, représentant des plans de mines, nous montrent cette disposition.

Second système de filons cuivreux, CONTRA-COPPER-LODES.

Direction, inclinaison.

§ 26. — La direction générale de ces filons est de 30° à 45° du Sud de l'Est au Nord de l'Ouest; leur inclinaison est presque la même que celle des autres filons de cuivre, environ 70° avec l'horizon (2 pieds par toise).

Composition, largeur.

Leur composition est à-peu-près la même que celle des filons Est et Ouest que nous venons de décrire, seulement ils contiennent plus de parties argileuses : ils sont, en général, plus larges que les filons Est et Ouest ; leur largeur moyenne peut être évaluée à quatre pieds. Dans quelques mines *Huel-alfred*, *Huel-crinnis*, etc., la puissance des filons varie de 9 à 15 pieds.

Divers rapports géologiques.

Le nombre des filons de ce second système est peu considérable relativement à ceux du premier. On les a trouvés aussi riches en cuivre que les autres; ils sont également accompagnés de petites veines argileuses, probablement plus récentes que la masse du filon, car elles passent d'une paroi à une autre.

On ne connaît aucun exemple de filons de ce second système coupés par ceux que nous avons

déjà décrits, tandis qu'au contraire ils sont coupés par des filons plus modernes, que nous allons indiquer succinctement.

Des filons croiseurs, CROSS-COURSES.

Leur composition, largeur.

§ 27. — Ils sont composés quelquefois presque entièrement de quarz ; mais souvent ils contiennent une grande proportion d'argile.

Leur largeur est plus considérable que celle des filons d'étain et de ceux de cuivre, elle va jusqu'à 36 pieds ; leur puissance moyenne est de 6 pieds.

Direction.

Ils se dirigent quelquefois du Nord au Sud, ou du Sud-ouest au Nord-est, mais plus fréquemment du Nord-ouest au Sud-est. Leur inclinaison est aussi variable que leur direction : la plupart de ceux qui se dirigent du Nord-ouest au Sud-est plongent vers le nord-est ; ceux qui courent du Sud-ouest au Nord-est plongent vers le Nord-ouest.

Leur influence sur les filons métallifères.

Les filons croiseurs causent souvent des dépenses considérables, en rejetant les filons et en influant sur leur richesse, qu'ils rendent quelque fois nulle ; d'autres fois aussi ces filons, étant argileux, interceptent les eaux.

Parmi ces filons croiseurs il en est un très-remarquable, qui a été reconnu sur une grande étendue, depuis *Porth-towan*, sur la côte du canal de Bristol, jusque dans la paroisse de Saint-Agnès, et même jusqu'à la côte de la Manche, ainsi qu'on peut le voir sur la carte. Ce filon coupe et rejette tous les filons métallifères ; ceux qui plongent à l'Est sont rejetés de 100 mètres (50 fathoms), et ceux qui plongent à l'Ouest de 36 mètres (18 fathoms).

C'est probablement à ce genre de filons qu'on

doit rapporter ces grands filons qui traversent, du Nord au Sud, la paroisse de Saint-Just, et qui sont appelés *guides* par les mineurs. Ils ont ainsi appelé ces filons, parce qu'ils supposent qu'en les suivant ils rencontrent des filons stannifères : on pourrait les appeler plus exactement *filons ferrugineux*, car ils contiennent une grande quantité de minerais de fer oxidé hydraté, d'hématite brune, et même de fer oligiste. Deux de ces filons ont été suivis sur une étendue de 3 milles, et un autre sur une étendue de 5.

Ces filons croiseurs sont, en général, improductifs en étain et en cuivre; cependant il existe dans la mine d'étain de *Polgooth* un filon croiseur riche en étain, et c'est également sur des filons croiseurs que sont exploitées les mines de cuivre de *Huel-music* et *Huel-jubilée*. Ils sont en général stériles, sauf exception.

Le plomb est le métal principal que présentent ces filons croiseurs : il en existe plusieurs près de Truro où l'on exploite ce métal; ils se dirigent du Nord au Sud. C'est dans cette classe que l'on doit placer les filons de plomb des environs de Tavistock; on trouve aussi, mais rarement, dans ce système de filons des minerais de cobalt, du sulfure d'antimoine, de la bournonite, de l'argent noir et de l'argent natif. Les *fig.* 5, 9 et 11 montrent l'intersection des filons plus anciens par les filons croiseurs. Plusieurs contiennent du plomb, du cobalt, de l'antimoine et de l'argent.

Filons de cuivre les plus modernes.

§ 28. — Ce troisième système de filons de cuivre se confond par sa direction, tantôt avec les filons Est et Ouest, tantôt avec les filons croiseurs; on les reconnaît seulement, parce qu'ils Direction et inclinaison communes avec les deux autres systèmes de filons cuivreux.

coupent ces deux systèmes de filons ainsi qu'on peut le voir dans la *fig.* 9.

L'inclinaison de ces filons est également la même que celle des autres filons de cuivre ; leur composition, quoique analogue, est cependant plus argileuse.

Ils contiennent du plomb.

C'est probablement à ce système que l'on doit rapporter les filons de plomb qui ont été découverts, il y a peu d'années, dans la paroisse de *Newlyn*. Ces filons ont à-peu-près deux pieds de puissance, et courent de l'Est à l'Ouest : cette direction fait présumer qu'ils n'appartiennent pas aux filons croiseurs; car ces derniers, lorsqu'ils sont plombifères, ont ordinairement une direction Nord et Sud.

Les *fig.* nous montrent l'intersection de ces filons par les filons argileux que nous allons décrire.

Filons argileux.

§ 29.—On distingue deux classes de filons argileux par la manière dont ils se coupent : les uns sont appelés *cross-fluckans*, et les autres *slides*.

Premier système.

La puissance des premiers varie depuis quelques lignes jusqu'à 9 ou 10 pieds. L'eau ne les traverse jamais, quelle que soit leur puissance, et sous ce rapport ils sont favorables à l'exploitation.

Leur direction est généralement Nord et Sud. Ils plongent vers l'Est; ils coupent et rejettent tous les filons, excepté les *slides*, comme on le voit dans les *fig.* 1, 2, 5 et 9, *pl.* VIII.

Deuxième système.

Les *slides* forment probablement la dernière classe des filons véritables; ils traversent tous

les autres; ils sont composés d'argile dans un état plus terreux que dans les autres filons; ils sont, généralement, presque parallèles aux filons de cuivre et à ceux d'étain. Ces filons sont fort minces; rarement ils atteignent un pied d'épaisseur; ils sont peu inclinés à l'horizon, ce qui leur a fait donner le nom de *slides*, qui veut dire *glissement*.

Observations sur les filons du Cornouailles en général.

§ 30. — Suivant les opinions que les géologues ont adoptées sur la formation des filons, les uns ont supposé qu'ils devenaient plus larges en s'approfondissant, les autres, au contraire, ont admis que ces fentes se resserraient et se terminaient en coin. Le Cornouailles fournit des exemples nombreux de l'un et l'autre cas. Tantôt les filons sont plus larges à leur partie inférieure, comme dans la mine de *Huel-Abraham*, et tantôt ils sont plus puissans à une certaine hauteur. Dimensions des filons dans la profondeur.

§ 31. — Lorsque deux filons se coupent, la direction du rejet (1) est intéressante à connaître pour le géologue comme pour le mineur. En Saxe, on donne pour règle générale que la partie rejetée est toujours du côté de l'*angle obtus*, c'est aussi généralement le cas en Cornouailles; et plus l'angle est obtus, plus le rejet est considérable. Intersection des filons; direction du rejet.

(1) Un filon peut être rejeté à la rencontre d'un autre filon, suivant une ligne qui se rapproche ou de son inclinaison ou de sa direction. Les mineurs du Cornouailles ont deux expressions différentes pour indiquer ces deux espèces de rejet; ils disent que, dans le premier cas, le filon est *heaved*, et que dans le second il est *started*.

Exemple du filon de Carharack.

Le grand filon de cuivre de *Carharack*, dans la paroisse de Gwenap, *fig.* 2, est un des exemples les plus instructifs d'intersection. La puissance de ce filon est de 8 pieds : il se dirige presque Est et Ouest, et plonge vers le Nord, sous une inclinaison de 2 pieds par toise; sa partie supérieure est dans le killas, sa partie inférieure dans le granite. Le filon a subi deux intersections : la première résulte de la rencontre du filon appelé *steven's fluckan*, qui se dirige du Nord-est au Sud-ouest et qui rejette le filon de plusieurs toises; la seconde a été causée par un autre filon, qui est presque à angle droit avec le premier, et qui fait éprouver un second rejet de 40 mètres (20 fath.) du côté droit. La chute du filon se trouve donc, dans un cas, à droite, et dans l'autre à gauche; mais dans l'un et dans l'autre, elle est du côté de l'angle obtus. Cette disposition est très-singulière; car une partie du filon paraît être remontée, tandis que l'autre est descendue.

Exemple du filon de Huel-Peever

La mine de cuivre et étain de *Huel-Peever*, *fig.* 7, *pl.* VIII, nous présente un exemple analogue. Cette mine, ouverte dans le killas, est exploitée sur deux filons, dont la direction est Est et Ouest, mais qui plongent l'un vers l'autre sous des inclinaisons opposées : celui qui plonge au Nord est un filon d'étain ; l'autre est un filon de cuivre, qui coupe le premier et lui fait éprouver un rejet.

Postérieurement à cette intersection, il s'est fait une autre dislocation dans les couches : les deux filons d'étain et de cuivre ont été coupés par un filon argileux; la force qui a agi à cette époque a causé un déplacement en sens opposé, de sorte que, dans un très-petit espace, le filon présente deux intersections, dans l'une desquelles une

partie du filon paraît être descendue, tandis que l'autre serait montée.

Le segment du milieu présente un désordre plus grand que les deux autres, il est plus large : la masse est très-dérangée ; on y trouve des fragmens de la partie supérieure du filon. On observe également ce trouble à la partie supérieure du segment inférieur. Le grand désordre qui règne dans le segment du milieu doit être attribué à son élargissement, qui est dû lui-même à la chute du mur.

Du minerai d'étain d'alluvion.

§ 32. — L'oxide d'étain se trouve disséminé, soit dans les alluvions qui recouvrent la pente de la plupart des collines peu inclinées qui avoisinent les lieux riches en mines d'étain, soit dans les alluvions qui remplissent les vallées qui serpentent au pied de ces collines ; mais dans ces dépôts assez fréquens, l'étain est rarement disséminé en assez grande proportion pour qu'on puisse l'en retirer avec avantage. Les exploitations les plus importantes du minerai d'alluvion sont groupées aux environs de Saint-Just et de Saint-Austle ; on les appelle *stream-works* (1), parce que l'eau est le principal agent que l'on emploie pour isoler les galets d'oxide d'étain du sable dans lequel ils sont disséminés. Position géographique.

Les stream-works les plus importans de la paroisse de Saint-Just sont épuisés depuis longtemps ; il n'y en a plus que trois actuellement en exploitation : ce sont ceux de *Leswhidden moor*, Stream-works de Saint-Just.

---

(1) Le mot *seifen-werks*, nom que les Allemands donnent aux mines d'étain de lavage, répond exactement à *stream-works*.

Bostraze moor et *Numphra moor*. L'épaisseur du terrain d'alluvion qui recouvre la couche stannifère, dans ces exploitations, varie de 5 à 10 pieds. Les galets et les grains d'étain sont mêlés indistinctement avec la partie inférieure des dépôts sablonneux et argileux.

Détails sur les stream-works de Pentowan.

Les stream-works les plus étendus et les plus productifs sont ceux de Pentowan, près Saint-Austle. Le terrain d'alluvion qui recouvre ce gîte de minerai d'étain varie de 20 à 70 pieds d'épaisseur, suivant le point de la vallée où l'exploitation est ouverte. Dans un de ceux que nous avons visités on observe les couches suivantes :

Couches qui forment le terrain.

	p.	po.
1°. Terre végétale	0	8
2°. Gravier, sable micacé et argile grossière formant différentes petites couches.	8	3
3°. Argile légèrement colorée, contenant un peu de mica et de racines. . .	5	3
4°. Tourbe noirâtre très-argileuse. .	4	1
5°. Argile légèrement colorée.	2	4
6°. Argile endurcie contenant une assez grande quantité de phosphate de fer.	3	10
7°. Sable de mer très-argileux.	5	
8°. Sable de mer mélangé de mica, de coquilles et de fragmens de killas. . . .	4	
9°. Sable de mer plus grossier.	6	
10°. Argile sableuse bleuâtre assez solide, contenant une grande quantité de coquilles récentes.	8	
11°. Sable de mer avec de gros galets.	6	
12°. Sable contenant des galets d'étain et un grand nombre de galets de roches anciennes.	6	
	p.	p°.
	59	5

La vallée dans laquelle est déposée cette alluvion est creusée dans un killas, qui est ici une grauwacke bien prononcée. Elle contient des fragmens de schiste argileux.

On trouve quelquefois dans cette alluvion divers débris d'animaux, tels que des cornes de daim et de bœuf sauvage; ces dernières sont quelquefois d'une grande dimension.

Etain à la partie inférieure.

Le sable d'étain se trouve toujours disséminé uniquement à la partie inférieure du dépôt, laquelle est composée de galets, de roches anciennes. Ces caractères de ce dépôt conduisent à conclure que l'alluvion stannifère est ancienne, et qu'elle a été formée en une seule fois et non par parties, à des époques différentes; car s'il en était autrement, les différentes couches dont ce terrain de transport se compose devraient nous présenter des alternatives de dépôts stannifères.

Nature des galets.

L'oxide d'étain (1) est disséminé dans l'alluvion, soit en sable très-fin, soit en galets de dimensions différentes. Les plus gros sont associés avec du quarz, de la chlorite, et d'autres substances pierreuses analogues à celles qui forment les filons d'étain exploités dans le Cornouailles. Cette association prouve d'une manière certaine que c'est à la destruction des filons d'étain qu'est due la formation de ces alluvions stannifères : une particularité très-remarquable que présentent ces galets d'étain est l'absence de tout mélange d'autre

(1) On y trouve aussi des galets d'étain concrétionné *étain xiloïde, étain de bois*. Pendant long-temps on ne connaissait cette variété d'oxide d'étain que dans le terrain de transport. Nous avons indiqué plus haut, § 21, qu'on la trouvait en petits filons, etc.

matière métallique, sinon de quelques nodules de fer hématite qui l'accompagnent quelquefois. Cette circonstance rend le minerai des stream-works susceptible de donner un étain très-pur.

On ne peut assigner exactement par quels moyens ces galets, arrachés des filons, ont été débarrassés des substances métalliques avec lesquelles, suivant toute probabilité, ils étaient associés. Cependant, quand on considère que l'hématite et l'oxide d'étain, minéraux presque indestructibles, sont les seuls minéraux métalliques qu'on trouve dans les dépôts de cette nature, on est conduit à cette conjecture très-naturelle, que les arséniates et les sulfures, qui accompagnent ordinairement l'oxide d'étain dans la nature, ayant été décomposés, ont été ensuite enlevés postérieurement par l'action des eaux.

DEUXIÈME PARTIE.

Des exploitations du Cornouailles.

Division. § 33. — En décrivant le gisement du cuivre et de l'étain dans le Cornouailles, § 19, nous avons vu que ces métaux existent en filons; que l'étain forme en outre de petits filons ou stockwerks dans le granite et dans l'elvan, et que ce métal est quelquefois disséminé dans certaines couches d'alluvion.

Le premier de ces gisemens est toujours exploité par puits et galeries : les stockwerks, qui sont aussi généralement exploités de la même manière, le sont cependant quelquefois à ciel ouvert, et dans ce cas particulier, la roche dans laquelle l'étain est disséminé étant friable, l'eau est employée pour faciliter l'opération; enfin, les

couches d'alluvion, étant toujours horizontales et recouvertes d'une petite épaisseur de terrains meubles, sont exploitées à ciel ouvert et par banquettes. Ces différens modes de travaux, que l'on emploie pour extraire l'étain et le cuivre, nous conduisent à diviser ce que nous dirons sur les exploitations du Cornouailles, dans les trois articles suivans :

1°. Exploitations souterraines des amas stannifères des filons d'étain et de cuivre;

2°. Exploitations à ciel ouvert des stockwerks stannifères;

3°. Exploitations à ciel ouvert des dépôts d'alluvion stannifères appelés *stream-works*.

Exploitations souterraines des amas stannifères et des filons d'étain et de cuivre.

Nous avons indiqué, § 22, que les filons du Cornouailles forment trois groupes. Nous allons faire connaître succinctement les exploitations les plus remarquables qui y existent.

Le district, qui est celui qui s'étend depuis Truro jusqu'au cap de Land's-End, renferme le plus grand nombre de mines. Ces mines, loin d'y être éparses, sont accumulées sur un petit nombre de points. La paroisse de Saint-Just, située à son extrémité Ouest, est la partie dans laquelle les filons stannifères sont les plus rapprochés; mais ces filons sont généralement peu puissans et peu riches, et aucune des nombreuses mines qui y sont ouvertes n'a individuellement une grande importance : les plus renommées, tant par leur richesse que par l'étendue de leur exploitation, sont les mines de cuivre des environs de Redruth; on y remarque principalement celles qu'on désigne sous les noms de *Consolidated-mines*, *United-mines* et *Poldice-mine*. Nous avons visité ces mines avec détail, et nous allons en donner une courte

description; nous parlerons aussi des mines de Bottalack, et de Wherry, dont les travaux sous-marins sont d'un grand intérêt.

Description de la mine de cuivre connue sous le nom de CONSOLIDATED-MINES.

§ 34.—La mine de cuivre, connue sous le nom de *consolidated-mines*, est ouverte sur un filon qui traverse le killas en se dirigeant à-peu-près de l'Est à l'Ouest, et en plongeant vers le Nord, sous un angle d'environ 80 °; sa puissance varie de ½ mètre à 3 mètres. La gangue est un quarz tantôt pur, tantôt coloré par le mélange d'une matière terreuse verte. Ce filon présente souvent des bandes de plusieurs pouces d'épaisseur de pyrites sans mélange; on y observe aussi, entre le filon et la roche, des amas incohérens de fragmens de quarz et de pyrites, qui paraissent devoir être considérés comme des salebandes. Elles sont d'une richesse surprenante et de l'exploitation la plus facile; elles laissent filtrer une grande quantité d'eau fortement chargée de sulfates.

Outre ce filon principal, les travaux ont fait connaître quelques filons métallifères d'une moindre puissance, qui lui sont à-peu-près parallèles, et qui peut-être n'en sont que des branches. On a aussi rencontré dans cette mine des filons croiseurs, qui sont généralement stériles, excepté près des points où ils coupent les autres filons.

Ces filons latéraux ne sont pas exploités, quoique leur richesse surpasse souvent celle de certains filons qui forment dans d'autres pays l'objet d'exploitations importantes. M. Nordenskiold, qui voyageait en même temps que nous en Angleterre, nous a assuré qu'ils étaient plus riches que ceux sur lesquels sont ouvertes les mines de Finlande; mais les dépenses de l'exploitation sont si considérables en Cornouailles, que le

produit de ces filons ne pouvait les couvrir.

Le filon de pyrites traverse un filon d'elvan.

Travaux d'exploitation.

Les travaux d'exploitation sont disposés par gradins renversés, et les travaux préparatoires sont conduits d'après les principes généralement suivis. Les grands puits d'épuisement et d'extraction sont verticaux et ouverts du côté du toit du filon, de manière à le traverser à une certaine profondeur. Ces puits descendent jusqu'au point le plus bas de l'exploitation ; à mesure que les travaux s'enfoncent, au moyen d'ouvrages exécutés dans le filon, on approfondit les puits et on les met en communication, vers leur fond, avec chaque nouvelle galerie d'allongement, au moyen des galeries de traverse. En ce moment, les grands puits ont 160 toises de profondeur. Ils sont oblongs et divisés en deux compartimens : l'un sert à l'extraction, et l'autre au jeu des pompes. Leur boisage n'a rien de remarquable : on est obligé de l'exécuter avec beaucoup d'économie, tout le bois employé dans ces mines étant tiré de Norwège.

La descente des ouvriers a lieu par des puits inclinés creusés dans le filon : les échelles sont légèrement inclinées ; elles sont interrompues de 10 en 10 toises par des planchers ; les échelons sont en fer : pour les empêcher de tourner sous le pied, on leur a donné la forme d'un fleuret de mineur ; un des deux bouts est rond, et l'autre est taillé en forme de coin. Le premier traverse l'un des montans, et le second est chassé dans l'autre montant.

L'extraction s'opère, ou par le moyen de manéges (horse-gins), ou avec des machines à vapeur, le plus souvent à haute pression.

Les manéges ne sont employés que pour élever le minerai des niveaux supérieurs; ils sont en général de petite dimension, de la construction la plus simple, et ne sont même pas couverts. Ils sont composés d'un seul arbre transversal, à chaque extrémité duquel on peut atteler deux chevaux de front. Un homme suspendu à l'extrémité de l'arbre les fouette et les fait aller au trot.

L'épuisement, qui est une des dépenses les plus considérables de l'exploitation, tant à cause de la quantité d'eau qu'à cause de la profondeur de la mine, s'exécute au moyen de pompes aspirantes et foulantes de 120 pieds de longueur; les tiges de tous les pistons sont attachées à une maîtresse-tige suspendue à l'extrémité du balancier d'une machine à vapeur.

Machines à vapeur pour l'épuisement.

Il y a sur cette mine trois machines à vapeur d'une très-grande puissance, destinées à l'épuisement : celle qu'on appelle *maria engine* est de la première force et de la construction la plus perfectionnée.

Le cylindre a 90 pouces anglais ($2^{m},301$) de diamètre intérieur, et la course du piston est de 9 pieds 11 pouces anglais ($3^{m},054$); il est simple et entouré d'un revêtement en briques, destiné à prévenir la diffusion de la chaleur. La vapeur est introduite dans la partie supérieure du cylindre, pendant le commencement de la descente du piston, à une pression capable de faire équilibre à une colonne de mercure de 60 pouces anglais ($1^{m},545$); l'introduction de la vapeur cesse lorsque le piston est descendu d'une certaine quantité, qu'on peut augmenter ou diminuer à volonté. Pendant le reste de la descente, le piston

n'est pressé que par cette vapeur, qui se débande progressivement. Pendant ce mouvement, le dessous du piston communique avec le condenseur. Lorsque le piston remonte, les communications entre le cylindre et le condenseur, et entre le cylindre et les chaudières, sont fermées. Le dessous du piston est mis en communication avec le dessus, de manière que le piston étant également pressé des deux côtés, il ne remonte que par la réaction des masses qu'il avait soulevées en descendant : ce n'est donc que pendant la descente du piston qu'il y a de la force vive développée par la vapeur.

La commmunication entre les chaudières et la partie supérieure du cylindre, entre le dessus et le dessous du piston, et entre la partie inférieure du cylindre et le condenseur, est établie ou suspendue au moyen de trois soupapes. Leur mouvement est réglé, comme dans la plupart des machines, par une biele, mue par le balancier, à laquelle sont attachés des mentonnets, qui choquent des leviers coudés : celui de ces mentonnets qui ferme la soupape d'introduction de la vapeur peut être élevé et abaissé au moyen d'une vis de rappel. Par ce procédé simple, on rend plus ou moins long le temps pendant lequel la communication entre les chaudières et le dessus du piston est ouverte, et par suite on rend plus ou moins considérable la quantité de vapeur introduite. Le jour de notre visite, la vapeur n'était introduite que pendant environ la sixième partie de la course du piston (18 pouces anglais).

Lorsque le piston atteint l'extrémité inférieure de sa course, le balancier s'appuie sur un ressort

portant une sonnette, dont le bruit fait connaître que le jeu de la machine a tout son développement. Quand ce ressort n'est pas choqué, ce qui annonce que la charge des pompes est trop forte relativement à la quantité de vapeur introduite, on augmente un peu cette masse de vapeur, en allongeant la partie de la course du piston, pendant laquelle la vapeur arrive de la chaudière.

Les dimensions des machines à vapeur employées à l'épuisement, étant calculées pour un *maximum* d'eau à élever, les pompes marcheraient souvent à vide, si on faisait produire à la machine tout son effet.

Appareil pour régler le nombre de coups de piston.

Pour obvier à cet inconvénient, la mise en mouvement du piston est déterminée par le jeu d'un appareil indépendant de la machine, et qui permet de faire varier, à volonté, le temps qui s'écoule entre deux coups de piston successifs. Cet appareil consiste principalement en un flotteur portant une tige garnie de deux arrêts; ce flotteur nage dans un bassin, dans lequel tombe sans cesse un filet d'eau. A mesure que le bassin se remplit, la tige s'élève, un des arrêts vient choquer une détente, qui, en permettant la chute d'un contre-poids, détermine l'ouverture subite de la soupape d'introduction de la vapeur; l'autre arrêt ouvre en même temps la communication du dessous du piston avec le condenseur. Presque au même instant, l'eau du bassin arrive au point le plus haut d'un siphon, par lequel elle s'écoule : le flotteur redescend pour recommencer à monter l'instant d'après; le temps de son ascension, qui est égal à l'intervalle entre deux coups de piston, dépend uniquement

de la rapidité avec laquelle on laisse le bassin se remplir.

La tige du piston est attachée à l'une des extrémités du balancier, au moyen d'un parallélogramme de la construction ordinaire : la maîtresse-tige des pompes est suspendue à l'autre extrémité, au moyen d'une chaîne et d'un arc de cercle. Les tiges des pompes à eau froide, à eau chaude et à air, sont également mises en mouvement par la seconde partie du balancier ; elles sont placées, ainsi que la maîtresse-tige, hors du bâtiment qui contient la machine.

L'orifice du puits n'est pas couvert ; au-dessus se trouve une forte molette, destinée à manœuvrer la maîtresse-tige : celle-ci est formée de poutres de sapin réunies par le trait de Jupiter, que fortifient des barres de fer.

Deux chaudières continuellement en feu alimentent cette machine, et pour qu'on ne soit pas obligé d'arrêter le travail quand une chaudière a besoin d'être réparée, il y en a une troisième dans le bâtiment où elles sont placées. Ces chaudières sont en fer battu, et consistent chacune en deux cylindres, placés l'un dans l'autre, et dont les axes sont parallèles, mais non identiques. L'axe du cylindre intérieur étant un peu au-dessous de celui du cylindre extérieur, l'eau est contenue dans l'anneau compris entre les deux cylindres ; le plus petit sert de foyer : la grille est placée un peu au-dessous de son axe.

Il n'existe pas dans le Cornouailles de machines plus puissantes que celle que nous venons de décrire succinctement. Le jour de notre visite, elle produisait un effet de cent neuf chevaux ; le *maximum* que nous pensons qu'elle

puisse produire est de trois cent huit chevaux (1).

Mine de cuivre appelée UNITED-MINES.

§ 35. — La mine dite *United-mines* présente

Calcul de la force vive développée par cette machine à vapeur.

(1) D'après ce qui a été dit plus haut,

La tension de la vapeur sortant de la chaudière, exprimée en colonne d'eau, est égale à $20^m,941$.

Le diamètre du cylindre est de $2^m,310$ (90 pouces anglais).

La course du piston est de $3^m,054$ (9 pieds 11 pouces anglais).

Enfin, la partie de la course pendant laquelle la vapeur est introduite est égale à $0^m,462$ (18 pouces anglais).

De là il est aisé de conclure, d'après la note sur les machines à vapeur, par M. Combes, insérée dans le IXe. volume des *Annales des mines*, page 441, qu'en faisant abstraction de la tension de la vapeur dans le condenseur on a, pour l'expression de la force vive produite pendant la descente du piston, la formule suivante :

$$\tfrac{1}{4}\pi\,(0^m,462)\,(2^m,310)^2\,(20,941)\left(1+\int\frac{dx}{x}\right):$$

formule qui donne, en intégrant et remplaçant x par sa valeur $=3^m,054$,

$$(0,7853)\,(0^m,462)\,(20^m,941)\,(2^m,310)\,[1+(\log.\,3^m,054-\log.\,0,462)].$$

Cette intégrale est en logarithmes hyperboliques; pour passer aux logarithmes ordinaires, il faut multiplier par le logarithme hyperbolique de 10. On aura donc :

$$(0^m,7853)\,(0^m,462)\,(20^m,941)\,(2^m,310)\,[1+\log.\,10\,(\log.\,3,054-\log.\,0,462)].$$

D'où l'on déduit enfin que la force vive développée pendant la descente du piston équivaut à 118,89 mètres cubes d'eau, ou 118890 kilog. élevés à un mètre de hauteur.

La machine, lorsque nous l'avons vue jouer, donnait 2,436 coups par heure, et par conséquent développait,

un développement de travaux aussi étendus que ceux des Consolidated-Mines. Les filons qu'on exploite dans ces deux établissemens sont parallèles et distans seulement de quelques centaines de mètres; leur composition et leur position géologique sont entièrement analogues.

§ 36.—La mine de cuivre et d'étain de *Poldice* est ouverte sur deux filons principaux, l'un de cuivre sans étain, et l'autre d'étain sans cuivre. Ces deux filons sont à-peu-près parallèles en direction (Est et Ouest); mais le premier plonge au Sud, tandis que l'autre plonge au Nord; ils se coupent suivant une ligne légèrement inclinée à l'horizon. Le filon de cuivre coupe et rejette celui

Mines de cuivre et étain de Poldice.

---

dans ce laps de temps, une quantité de force vive égale à 28,964,200 kilogrammes. En comparant ce nombre avec la force vive d'un cheval, qui est, suivant Bolton et Watt, de 256,000 kilogrammes par jour de travail, composé de huit heures, on trouve que cette machine marchait alors avec une force de 109,2 chevaux, et faisant par conséquent en vingt-quatre heures autant de travail que 327,006 chevaux travaillant chacun huit heures par jour.

Cet effet est loin d'être la puissance réelle de cette machine ; car si on laisse entrer la vapeur dans le cylindre pendant la moitié de la course du piston, auquel cas elle aurait, après s'être débandée, une tension à-peu-près égale à celle de l'atmosphère, on aura pour l'expression de la force :

$$(0,7853)\ (1^{m},527)\ (20^{m},941)\ (2^{m},310)\ [1 + \log.\ 10\ (\log.\ 3,054 - \log.\ 1,527)] = 226876 \text{ kilog.}$$

Si on suppose en même temps que la machine donne six coups par minute, ou 360 par heure, vitesse qu'elle ne doit guère surpasser, on trouve, pour l'effet produit en une heure, 81,675,400 kil., effet égal à celui de 308,008 chevaux attelés à-la-fois, ou de 924,024 chevaux dans vingt-quatre heures.

d'étain, circonstance qui prouve qu'il est d'une formation plus moderne.

La gangue du filon de cuivre est quarzeuse. Les plus beaux cristaux de cuivre sulfuré du Cornouailles proviennent de ce gisement; il fournit aussi de jolis cristaux de Bournonite et de cuivre oxidulé.

Les travaux de cette mine, ouverts dans le killas, se prolongent dans le granite, et mettent à découvert, sur une grande étendue, la superposition de ces deux roches : leur ligne de jonction est inclinée d'environ 30°; elle est bien loin d'être nette, et présente au contraire, ainsi que nous l'avons dit plus haut, § 14, un entrelacement très-remarquable des deux roches.

La nature et la richesse des filons n'éprouvent aucun changement en passant d'une roche dans l'autre.

On connaît dans cette mine plusieurs filons cuprifères parallèles au filon de cuivre principal, mais moins riches; il existe aussi un second filon stannifère, qui présente un mélange de minerais d'étain et de pyrites cuivreuses. Le filon d'étain et les filons de cuivre sont coupés et rejetés par des filons croiseurs, qui sont pauvres, excepté sur les points où ils coupent les premiers. On creuse des galeries de traverse dans ces filons, parce qu'ils sont d'une exploitation plus facile que les roches non altérées. On exploite en ce moment un filon qui contient à-la-fois du cuivre et de l'étain; nous ignorons à quel système il appartient, sa gangue se compose en partie de chaux carbonatée et de chaux fluatée. La séparation des deux métaux qui s'y trouvent réunis offre des difficultés dont nous parlerons avec quelque

détail à l'article de la préparation mécanique de l'étain.

Les puits principaux sont ouverts sur l'intersection du filon d'étain et du filon principal de cuivre, il y a en outre plusieurs puits d'extraction hors de cette ligne.

Les travaux occupent quatre machines à vapeur, dont les deux plus puissantes sont employées à l'épuisement; elles sont semblables et à-peu-près de même force que celle que nous avons décrite à l'article de la mine dite *Consolidated-Mines*.

Les puits qui ne sont pas pourvus de machines à vapeur ne servent qu'à l'extraction des minerais exploités à une petite profondeur, extraction qui s'opère au moyen de petites machines à molettes à deux ou à quatre chevaux.

Mine de cuivre et étain de Bottalack.

§ 57. — La mine de *Bottalack* est située dans la paroisse de Saint-Just, sur la côte un peu au nord du cap Cornwall; elle est ouverte sur un système de filons contenant du cuivre pyriteux et de l'étain oxidé intimement mélangés. Ces filons se dirigent du Nord-ouest au Sud-est, et sont encaissés dans le killas amphibolique, dont une bande étroite forme la côte de ce canton, et dont les couches paraissent s'appuyer sur le granite et plongent vers la mer. Ces filons sont coupés par un filon croiseur appelé *guide*, qui rejette les autres et se dirige du Sud-sud-est au Nord-nord-ouest. Quoique généralement stérile, il contient les mêmes minerais que les autres; près des points où il les coupe, il se réduit souvent à un filon très-mince de quarz. Sa puissance n'excède jamais trois pieds; c'est à-peu-près celle des filons

58.

métallifères ; la gangue de ces derniers est ordinairement du quarz, très-souvent mélangé d'une grande quantité de matière verte, qui ressemble à la chlorite, et qui peut-être n'est autre chose que du killas réduit en particules très-fines.

Quelques *floors* ou amas à-peu-près semblables à des couches contenant de l'étain oxidé se trouvent dans le voisinage des filons, et sont en communication plus ou moins directe avec eux.

Les travaux d'exploitation suivent le filon croiseur appelé *guide*, qu'on n'enlève en totalité que dans les parties enrichies par les filons qu'il coupe et qu'il rejette ; on exploite ces filons eux-mêmes, à mesure qu'on les rencontre, jusqu'à la plus grande distance possible. On travaille comme dans le reste du Cornouailles, par gradins renversés Les travaux de cette mine se trouvent presque tous au-dessous du niveau de la mer et s'étendent même en partie sous son fond : ils sont commencés depuis un temps immémorial, et leurs premiers auteurs, ne soupçonnant pas sans doute qu'ils dussent avoir jamais le développement qu'ils ont actuellement, ont eu l'imprudence d'enlever le minerai jusqu'à une si petite distance du fond de la mer, qu'elle a fini par se faire jour en un point que les eaux couvrent à chaque marée, et qu'elle s'est répandue dans les travaux. On a réussi à boucher cette entrée en y plaçant une plate-forme en bois, qu'on a recouverte de gazon (*slimy-turf*) et qu'on a chargée de pierres.

Dans la galerie supérieure, le bruit de la mer qui se brise sur les rochers est assez fort pendant les tempêtes pour épouvanter les ouvriers ; on y distingue aussi le choc des cailloux qui roulent

sur les rochers, et il se transmet alors jusque dans les travaux les plus profonds.

Il y a peu d'années, la première galerie ouverte dans le filon dit *crown-lode* se trouvait environ à 55m.34 (30 fathoms) au-dessous de la haute mer, et s'avançait horizontalement de 55m.34 environ (30 fathoms) sous la mer. La galerie ouverte à 73m.92 de profondeur (40 fathoms) s'avançait de 20 mètres; celle au niveau de 120 mètres, de 55m.34; enfin, la galerie qui est à 157 mètres (85 fathoms) au-dessous du niveau de la mer s'avançait de 74 mètres sous son fond.

Dans les diverses mines sous-marines de ce canton, on ne rencontre que très-peu d'eau, et la quantité qu'en laissent filtrer les parois est d'autant moindre qu'on s'enfonce davantage : ces eaux sont souvent moins salées que celles de la mer. Dans la mine de Bottalack, il existe une source d'eau douce à 74 mètres (40 fathoms) au-dessous de la mer, et une autre à plus de 184 mètres (100 fathoms). Il y a quelques années, lorsque la galerie la plus profonde se trouvait à 193 mètres (105 fathoms) au-dessous de l'orifice du puits qui est un peu au-dessus du niveau de la haute mer, les machines d'épuisement ne fournissaient que 40 gallons d'eau par minute. Cette quantité a peu augmenté depuis, quoique la mine se soit approfondie de 18 mètres (10 fathoms) et se soit étendue dans toutes les directions.

Le puits principal qui sert à l'épuisement des eaux, à la descente des ouvriers, et par lequel s'opère une partie de l'extraction est creusé dans un rocher appelé *Crown-rock*, contre lequel les

vagues se brisent continuellement; nous l'avons cité plus haut (§ 17), à cause de sa composition remarquable. Ce puits descend jusqu'à 228 mètres (123 fathoms) en dessous de son orifice, et 212 mètres (115 fathoms) au-dessous du niveau moyen de la mer. C'est à cette profondeur que se trouve actuellement la galerie la plus profonde. Ce puits, peu régulier et un peu incliné, est boisé au moyen de cadres horizontaux, placés de mètre en mètre, sur lesquels sont attachées des planches verticales placées derrière. Les eaux sont enlevées par une suite de pompes aspirantes et foulantes de diverses longueurs, dont les tuyaux sont en fonte, et qui sont mises en jeu par une machine à vapeur de la force de dix-huit chevaux, établie sur le *crown-rock*, près de l'orifice du puits. On descend par des échelles en bois, les unes verticales, les autres inclinées. Une partie du minerai est extraite par le même puits, au moyen d'une machine à vapeur de rotation qui est placée sur le haut de la falaise; mais elle n'élève les tonnes que jusqu'à l'orifice du puits : là, on fait un triage; les déblais tout-à-fait pauvres sont jetés à la mer, les morceaux qui contiennent du minerai sont élevés en haut de la falaise par des bennes qui glissent dans un canal incliné et qui sont mises en mouvement par une machine à molettes.

Sur le prolongement méridional du filon croiseur appelé *guide*, se trouve un second puits d'extraction, sur lequel on a aussi établi une machine à molettes.

La mine de Bottalack, qui, par la situation de son orifice dans un rocher sans cesse battu par les vagues, et par la disposition de ses ma-

chines sur une côte escarpée et sans abri, semble aux étrangers une espèce de prodige, n'est pas la seule du Cornouailles qui présente des travaux sous-marins, on en trouve plusieurs autres dans le même cas, sur la côte qui s'étend du Land's-end à Saint-Yves.

§ 38. — C'est à cette classe que se rapportait la mine de *Wherry*, citée dans plusieurs ouvrages comme un monument de la hardiesse des mineurs du Cornouailles. Elle était ouverte sur le rivage, à l'ouest de Penzance, en un point que la mer ne découvre que durant très-peu d'heures à chaque marée. On exploitait dans cette mine un filon d'elvan, qui contenait, sur une petite partie de sa longueur, du minerai d'étain en petits filons, et en veinules disséminées dans la masse de l'elvan.

Ancienne mine d'étain de Wherry.

L'affleurement de la masse stannifère était couvert de plusieurs mètres d'eau à chaque marée, en sorte qu'on ne pouvait travailler que durant quelques heures par jour, et chaque fois qu'on revenait, on trouvait les travaux remplis d'eau. Malgré ces obstacles, un simple ouvrier mineur parvint, à la fin du siècle dernier, à y creuser un puits, sur l'orifice duquel il éleva une tourelle en bois soigneusement calfatée et goudronnée, qui ne laissait aucun accès aux eaux. Au-dessus de cette tourelle, il plaça deux molettes, sur lesquelles passaient deux câbles d'extraction, mis en mouvement par une machine à vapeur établie à 200 mètres de là sur le rivage. Il construisit ensuite, sur pilotis, un plancher horizontal, qui mettait le puits en communication avec le rivage, et permettait d'y transporter les matières

extraites de la mine : l'exploitation prit alors une marche régulière.

La masse stannifère, exploitée par grandes chambres, donna, pendant plusieurs années, des quantités considérables d'étain; mais un vaisseau mouillé près de là, ayant chassé sur ses ancres pendant la nuit, vint choquer la tourelle, qu'il renversa : l'exploitation fut alors remplie d'eau, et elle n'a pas été reprise depuis cette époque. On a représenté par un dessin, dans les *Transactions* de la Société géologique du Cornouailles, les travaux extérieurs de cette mine.

Environs de St-Austle. Mine d'étain de Polgooth.

§ 39.—Les environs de Saint-Austle, qui comprennent notre second district métallifère, ne renferment qu'un très-petit nombre de mines ouvertes sur des filons. La mine d'étain de Polgooth, qui est la plus importante de ce groupe, est exploitée sur un système de filons stannifères que nous avons décrit plus haut, § 23; elle était, il y a quelques années, une des plus productives du Cornouailles; mais l'insuffisance des machines d'épuisement l'avait fait abandonner. On a repris les travaux il y a deux ans, et tout fait croire qu'elle redeviendra bientôt aussi productive qu'avant son abandon.

On y a déjà placé deux machines d'épuisement : l'une est une roue hydraulique qui reçoit l'eau au milieu de sa hauteur, et dont la force est évaluée à cent chevaux; l'autre est une machine à vapeur, dont le piston a 60 pouces anglais de diamètre. Elle est construite sur le même principe que celle décrite, § 23, à l'article de la mine dite *Consolidated-Mines*.

Mines de cuivre d'East-crinnis et West-crinnis.

§ 40. — Il existe aussi, dans les environs de Saint-Austle, plusieurs mines de cuivre : les deux

principales portent les noms *d'East-crinnis* et de *West-crinnis*; elles sont ouvertes, comme celles des environs de Redruth, sur des filons de pyrites cuivreuses qui traversent le killas.

§ 41. — Les environs de Tavistock en Devonshire, qui forment notre troisième district métallifère, présentent plusieurs mines d'étain, de cuivre et de plomb assez importantes. Celles des deux premiers métaux sont ouvertes sur des filons dirigés à-peu-près de l'Est à l'Ouest, et encaissés dans du killas : celles de plomb le sont au contraire sur des filons dirigés du Nord au Sud, qui coupent et rejettent les premiers; les mines de plomb de *Beer-alston* et de *Huel-bethsey* sont les plus considérables, de cette nature, du midi de l'Angleterre. Mines diverses des environs de Tavistock.

Exploitation à ciel ouvert des stockwerks stannifères.

§ 42. — Nous ne connaissons en Cornouailles qu'une seule mine, dans laquelle on exploite à ciel ouvert un stockwerk stannifère; c'est celle de *Carclase*, à $\frac{3}{4}$ de lieue Nord-est de Saint-Austle.

Nous avons décrit plus haut le gîte de minéral sur lequel elle est ouverte : son exploitation nous paraît mériter aussi quelques détails. Cette mine est située sur le flanc, et presque au sommet d'une colline granitique, au milieu d'une bruyère inculte; elle présente une excavation à ciel ouvert d'environ 300 mètres de long sur 120 de large et 40 de profondeur. Ses parois ont pris, par suite des travaux d'exploitation et de l'action des agens atmosphériques, des formes hardies et bizarres, qui rappellent les ruines d'un édifice go-

thique, ou la forme de certains ravins creusés dans les dépôts de gypse des Alpes. Les eaux pluviales contribuent pour beaucoup à l'exploitation, en coulant sur les parois; elles enlèvent la surface du granite tendre, déchaussent les petits filons qui le traversent, les font tomber par fragmens, et entraînent ces fragmens vers le bas. Le travail des ouvriers se réduit souvent à les y recueillir; mais, dans beaucoup de cas, ils aident ou accélèrent cette action au moyen de petits courans d'eau, qu'ils amènent à travers la bruyère et qu'on fait couler sur le rocher, dont ils attaquent la surface avec le pic. Un courant plus considérable, amené d'une assez grande distance, est introduit dans la mine, à-peu-près vers le milieu de sa hauteur, à travers les flancs de la colline, dans des tuyaux de fonte.

On le divise en deux autres, qui sont conduits par de petits canaux, de manière à offrir des chutes successives, au moyen desquelles ils font tourner chacun trois roues à augets, destinées à mouvoir autant de bocards à trois pilons. Ces bocards servent à pulvériser le minerai, qu'on lave ensuite dans des caisses placées à côté, de manière que le minerai d'étain sort de la mine tout préparé; mais les graviers entraînés, étant encore métallifères, sont soumis à une seconde opération.

Les eaux qui les entraînent s'écoulent par une galerie pratiquée au point le plus bas de la mine, et qui débouche, à plusieurs centaines de mètres, sur le flanc de la colline, formé en ce point de killas. Elles déposent, dans cette galerie et dans plusieurs bassins qui y sont contigus, les substances dont elles sont chargées. Ces matières bo-

cardées de nouveau, puis lavées sur de larges tables, fournissent encore une quantité assez notable de schlich d'étain.

Exploitation à ciel ouvert de dépôts d'alluvion stannifères.

§ 43. — Les dépôts d'alluvion stannifères, que le Cornouailles et le Devonshire présentent sur plusieurs points, et particulièrement près des lignes de jonction du granite et du killas, sont constamment exploités à ciel ouvert et au moyen des courans d'eau, à l'aide desquels on sépare le minerai du sable, dans lequel il est disséminé ; ce qui a fait donner à ces exploitations le nom de *Stream-works*, nom qu'on a par suite étendu aux gîtes eux-mêmes. La disposition du lavoir varie suivant que le dépôt est plus ou moins épais et plus ou moins riche; mais il présente généralement une caisse assez analogue à une caisse allemande, et ayant seulement une chute d'eau plus forte. Les *Stream-works* les plus importans sont ceux de *Pentowan* près *Saint-Austle*. Nous avons fait connaître, § 32, la disposition des gîtes; nous n'avons que quelques mots à ajouter sur le mode d'exploitation.

On commence par enlever les bancs d'argile, de tourbe et de sable, qui recouvrent le dépôt de sable stannifère, par un travail de terrassement conduit par banquettes et gradins demi-circulaires. Les déblais sont transportés avec des brouettes dans les parties déjà excavées; le diamètre du demi-cercle que forme le gradin inférieur est égal à la largeur du banc stannifère, terminé de tous côtés par les collines qui entourent la vallée. Les eaux qui filtrent de toute la masse

du terrain sont reçues, de deux en deux ou de trois en trois gradins, dans des rigoles horizontales, qui les empêchent de couler librement et de dégrader l'ouvrage. Elles sont conduites par des rigoles inclinées, garnies de planches et de gazons jusqu'au gradin inférieur, dans lequel se trouve une caisse longue, où on les fait tomber en nappes, et dans laquelle se font le débourbage, le lavage et le criblage de tout le sable stannifère. Cette caisse est suivie de bassins, desquels l'eau est conduite par un canal jusque dans un puisard, où plongent quatre pompes, mises en mouvement par deux roues à augets, et qui servent à tenir à sec le fond de la mine.

TRAITÉ

Sur l'art de faire de bons mortiers, et notions pratiques pour en bien diriger l'emploi, etc.;

Par M. RAUCOURT, de Charleville.

Saint-Pétersbourg, 1822. — (Extrait et analysé par M. le Chef de Bataillon du Génie P. BERGÈRE.)

Cet ouvrage est précédé d'un avertissement, d'un avant-propos et d'un discours préliminaire.

Dans l'avertissement, M. Raucourt dit que M. Vicat *a créé la science de la confection des mortiers*. Cependant, des savans et des ingénieurs, bien long-temps avant lui, s'étaient aussi occupés avec succès de cette branche importante de l'art des constructions. M. Vicat a reconnu lui-même les obligations qu'il avait à ses *devanciers*, et cet aveu, qui honore son caractère, n'ôte rien au mérite de ses propres découvertes.

Dans l'avant-propos, M. Raucourt annonce des modifications survenues à son travail, d'après des découvertes qui lui sont propres et faites pendant l'impression même de son ouvrage.

Le discours préliminaire traite de *l'importance attachée à la perfection des mortiers*. Il tend à prouver que les constructions durables, pour les particuliers comme pour les gouvernemens, sont une source de prospérités, et que c'est sur-tout par la bonne qualité des mortiers qu'on parviendra à les rendre telles.

L'ouvrage est divisé en trois parties : la première, divisée en dix-huit chapitres, est déduite des recherches expérimentales faites par M. Vicat.

Les chapitres 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 ne sont qu'un abrégé de quelques chapitres de l'ouvrage de M. Vicat. Dans les chapitres 1, 2, 3, M. Raucourt expose les essais indispensables à faire pour classer la chaux et reconnaître les différentes qualités qui doivent en diriger l'emploi; la division des chaux, en chaux maigre, en chaux moyenne et en chaux grasse, d'après les quantités respectives d'eau qu'elles absorbent en s'éteignant par la fusion; la distinction des chaux communes et des chaux hydrauliques, selon qu'elles ne durcissent pas ou qu'elles durcissent après avoir séjourné vingt jours sous l'eau; la description des trois modes d'extinction de la chaux, par fusion, par immersion et spontanément, avec l'indication des résultats produits par chacun d'eux, selon la nature de ces chaux; l'action de l'air et de l'eau sur les hydrates de chaux.

Le chapitre 4 indique les méthodes diverses pour changer les chaux communes en chaux hydrauliques : la première consiste dans l'extinction spontanée et une longue exposition à l'air; la seconde consiste à recuire, pendant quinze à vingt heures, de la chaux grasse commune. Aucune de ces deux méthodes n'est applicable dans la pratique : la première donne des chaux hydrauliques faibles; la seconde est trop dispendieuse.

La troisième méthode est celle trouvée par M. Vicat, et qui consiste à faire un mélange de

chaux commune avec une certaine proportion d'argile : ce mélange, étant cuit de la même manière que la pierre à chaux, donne de la chaux hydraulique.

Dans le chapitre 5, on établit la distinction des mortiers ordinaires et des mortiers hydrauliques : les premiers se forment par le mélange de la chaux commune avec le sable ; les seconds par le mélange des chaux communes avec les pouzzolanes, ou des chaux hydrauliques avec le sable.

Le chapitre 6 a pour objet l'étude des substances que l'on mélange avec la chaux pour obtenir des mortiers : ce sont ou des sables, ou des pouzzolanes naturelles ou des pouzzolanes artificielles. On distingue les gros sables, les sables mêlés et les sables fins. M. Raucourt expose les principes que M. Vicat a déduits de l'examen de l'action réciproque des chaux et des sables, en faisant varier les qualités de chacune de ces matières.

Les pouzzolanes artificielles dont il est question dans ce chapitre sont les argiles cuites, les scories de houille, le schiste calciné, le basalte et les grès ferrugineux cuits. Après avoir indiqué le degré de cuisson qui convient à chacune de ces substances pour produire de bonnes pouzzolanes, on fait connaître la distinction des pouzzolanes peu énergiques et très-énergiques, qualités qui ne peuvent rien apprendre sur la bonté des mortiers qu'elles fourniront, puisque cette bonté dépendra en même temps de la nature de la chaux : de sorte que, dans chaque cas particulier, ce n'est que par des essais qu'on pourra détermi-

ner d'une manière certaine l'énergie effective d'une pouzzolane.

On trouve à la fin de ce chapitre l'indication succincte d'un procédé trouvé par M. Vicat pour transformer l'argile en pouzzolane excellente, par la simple cuisson sur une tôle rouge.

Le chapitre 7 traite de l'influence des trois procédés d'extinction, soit sur les mortiers ordinaires, soit sur les mortiers hydrauliques. M. Raucourt croit, comme M. Vicat, que ce n'est que d'aujourd'hui que l'extinction spontanée est reconnue comme donnant souvent de meilleurs mortiers que les deux autres modes d'extinction; mais j'ai indiqué, dans une note du devis instructif pour le service du génie, que cette méthode était employée, depuis un temps immémorial, en Espagne et dans une partie de l'Italie : je l'ai employée constamment à Flessingue, où j'ai fait exécuter de grands travaux de maçonnerie de 1809 à 1813, et j'ai trouvé cette même méthode recommandée dans une lettre écrite, en 1764, par M. de Fiennes, officier du génie, alors employé à Gravelines. Je pourrais citer d'autres faits; mais je pense que ce que je viens de dire suffira pour montrer que l'extinction spontanée n'était pas généralement méconnue et dépréciée.

Le chapitre 8 fait connaître des expériences de l'auteur (1) pour déterminer l'influence des proportions de la chaux sur la résistance des mor-

(1) J'avais d'abord cru que ce chapitre était entièrement extrait du chapitre 6 de M. Vicat : l'ordre et le nombre des expériences sont les mêmes, ainsi que les conclusions générales; mais les proportions donnant le maximum de résistance aux mortiers sont différentes.

tiers. M. Raucourt a fait varier les proportions de chaux commune grasse pour chacun des trois procédés d'extinction, et les observations ont été faites sur des mortiers enfouis, sur des mortiers exposés à l'air, mais abrités, et sur des mortiers exposés aux intempéries de l'air. Il en a déduit les meilleures proportions à employer dans ces différentes circonstances; mais les résultats trouvés ne sont pas susceptibles d'une application générale, et prouvent seulement ce qu'avait déjà annoncé M. Vicat, que les proportions de chaux et de sable doivent varier dans les mortiers, avec le procédé d'extinction, et d'après le lieu de l'exposition, et de plus qu'elles doivent être déterminées pour chaque espèce de chaux; ce que M. Raucourt ne dit pas, quoique ses propres expériences en soient une nouvelle preuve. « Ces expériences, dit M. Raucourt, sont » d'accord avec la théorie, qui veut que l'on » mette plus de chaux lorsque les localités obli- » gent cette chaux à agir comme corps terreux, » et qu'on en mette moins, à mesure que les lo- » calités aident à son affinité sur le sable. » Il me semble que la théorie ne dit rien de tout cela : M. Vicat s'était borné, avec raison, à assimiler l'action des chaux grasses sur le sable à celle des gangues terreuses ou autres sur les corps qu'elles enveloppent, parce que, dans les deux cas, les degrés de résistance varient suivant la même loi. Du reste, les expériences de M. Raucourt, dont cet ingénieur ne donne pas les détails, confirment les préceptes qu'il cite d'après M. Vicat, pour modifier les proportions de sable dans les mortiers ordinaires, selon qu'ils seront employés dans des endroits secs, ou qu'ils seront

enfouis, ou rafraîchis par des pluies fréquentes, et soumis au contact renouvelé d'un air libre.

En parlant de l'influence des proportions sur les mortiers hydrauliques, M. Raucourt dit, avec raison, que ce n'est que par des essais que l'on peut déterminer les proportions qui donneront le maximum de résistance; néanmoins il ajoute, sans particulariser le fait, que les meilleures proportions sont une partie de chaux sur deux de pouzzolane, ou une de sable et une de pouzzolane.

Les chapitres 9 et 10, qui traitent de l'influence réciproque des qualités de la chaux et de la pouzzolane, et de l'influence de la dessiccation sur les mortiers ordinaires, sont à-peu-près copiés dans l'ouvrage de M. Vicat; mais il est à regretter que M. Raucourt n'ait pas donné les tableaux d'expériences, qui auraient été nécessaires à l'intelligence du texte. Le chapitre 11, qui a pour objet l'action de l'eau sur l'extérieur des mortiers hydrauliques, est tiré du chapitre 5 de M. Vicat, dans lequel cet auteur examine l'action de l'eau sur les parties de béton qu'elle touche immédiatement. Le chapitre 12 est un extrait très-succinct de ce que dit M. Vicat (chapitre 7) sur l'influence de la manipulation sur les mortiers ordinaires; mais M. Raucourt n'aurait pas dû généraliser un fait qui repose sur une expérience unique de M. Vicat, en disant: que les mortiers long-temps broyés qu'on expose à l'humidité y deviennent, au bout de vingt mois, cinquante fois plus résistans que les mêmes mortiers broyés à l'ordinaire.

Dans les chapitres 13, 14 et 15, M. Raucourt expose, toujours d'après M. Vicat (chapitres 8,

9 et 10.), l'influence des intempéries sur les mortiers ordinaires, l'influence du temps sur les mortiers ordinaires et sur les mortiers hydrauliques, et enfin la comparaison des mortiers antiques à ceux du moyen âge et aux mortiers modernes.

Dans le chapitre 16, M. Raucourt examine les différentes manières d'évaluer la résistance des mortiers. Ces moyens consistent : 1°. à leur faire supporter un effort de traction ; 2°. à les rompre; 3°. à les charger d'un poids pour les écraser ; 4°. à reconnaître combien un poids soumis à une percussion constante peut les pénétrer ; 5°. à savoir combien il faut employer de force et de temps pour qu'un foret puisse les percer. M. Raucourt admet : 1°. que la résistance à la traction est proportionnelle à la rupture ; 2°. que si l'on prend six fois l'effort de la traction, on a le poids moyen nécessaire à l'écrasement ; 3°. que la résistance à la traction est en raison inverse du carré de l'enfoncement des pointes ; 4°. que l'enfoncement du foret n'a aucun rapport avec les autres résistances. Il en conclut que l'expérience du foret donnera la dureté, et que l'une quelconque des quatre expériences donnera, par comparaison, les quatre sortes de résistances dues à la ténacité.

M. Raucourt prend, comme M. Vicat, pour terme de comparaison de la ténacité et de la dureté *la bonne brique bien cuite.* Ce terme de comparaison est un peu vague; car chaque pays a sa bonne brique bien cuite. Il serait à désirer que l'on adoptât une mesure qui fût par-tout la même, afin de pouvoir comparer les résultats.

Dans son chapitre 17, l'auteur donne le ré-

sumé de l'ordre à suivre dans les recherches indispensables à faire pour l'application des nouveaux procédés, soit à la fabrication des mortiers ordinaires, soit à celle des mortiers hydrauliques, et il renvoie, pour chaque question, à l'article dans lequel elle est traitée : c'est une espèce de table des matières.

M. Raucourt a réuni, sous le titre de notes théoriques, dans le chapitre 18, qui termine la première partie, l'exposition sommaire des faits les plus intéressans reconnus par M. Vicat dans le cours de ses nombreuses expériences, ainsi que les principes qu'il a essayé d'en déduire. Quelques-uns de ces faits, présentés ainsi d'une manière isolée, auraient exigé plus de développement pour être bien compris. Dans l'ouvrage de M. Vicat, ces essais de théorie sont liés à des faits bien constatés. M. Raucourt admet, comme M. Vicat, que les chaux éminemment hydrauliques ont une action chimique sur les sables, et forment avec eux des combinaisons intimes ; et il tire de ce principe les mêmes conclusions que M. Vicat sur l'action réciproque de la chaux et du sable, et sur celle de la chaux et de la pouzzolane.

Dans la deuxième partie de son ouvrage, M. Raucourt expose les expériences qu'il a faites sur les mortiers, soit en France, soit en Russie, et les observations auxquelles ces expériences ont donné lieu.

Dans le chapitre 19, l'auteur rend compte des expériences en grand qu'il a faites, en 1819 et 1820, sur les chaux hydrauliques factices fabriquées et employées à Toulon. La chaux em-

ployée est une chaux commune, quelquefois moyenne, mais plus souvent grasse; l'analyse de la pierre à chaux qui la fournit donne, sur 100 parties, 96 de carbonate de chaux, 2 de silice, un et demi d'oxide de fer, et un demi de perte. La chaux, éteinte spontanément et mêlée avec un sixième de terre argileuse et de l'eau, séchée ensuite et cuite au four, donna une excellente chaux hydraulique, qui, pure ou mélangée avec du sable de mer, avait, au bout de huit ou dix jours, parfaitement bien pris sous l'eau : l'argile employée était composée, sur 100 parties, de 55 de silice, 38 d'alumine et 7 d'oxide de fer.

Lorsqu'on mettait un neuvième de terre, la chaux obtenue était faiblement hydraulique; si l'on en mettait plus d'un sixième, la chaux était très-hydraulique, et faisait corps dans l'eau très-promptement; mais elle supportait moins de sable et rendait les composés plus coûteux. M. Raucourt observe en outre que plus on ajoute de terre au mélange, plus la chaux devient maigre et moins elle foisonne : en conséquence, et comparativement à ce qu'elle rend, plus elle coûte de manipulation, et plus elle tient de place dans l'instant de la cuisson. Il est donc désavantageux, sous le rapport de la dépense, d'employer les combinaisons extrêmes; elles peuvent même quelquefois être nuisibles dans l'emploi et donner plus de chances de mauvaise manipulation.

M. Raucourt a fait de nombreuses expériences pour comparer les mortiers de chaux hydraulique factice et sable aux mortiers de chaux commune ou hydraulique mêlée aux pouzzolanes

naturelles. Voici les conclusions les plus intéressantes qu'il en a tirées.

Les mortiers de chaux commune et pouzzolane naturelle étaient pris du sixième au huitième jour d'immersion.

Les chaux hydrauliques factices à un sixième d'argile, soit pure, soit avec du sable, n'avaient acquis la même consistance que du dixième au quinzième jour.

Après six mois d'immersion, les mortiers de chaux hydraulique factice et sable avaient une résistance qui se rapprochait sensiblement de celle des mortiers à pouzzolane naturelle ; après quinze mois, il y avait égalité ; mais, après vingt et un mois, les mortiers à sable avaient la supériorité.

Les essais placés dans l'eau douce et dans l'eau de mer ont offert les mêmes résultats. Quelques jours après leur sortie de l'eau et l'exposition à l'air, la résistance des mortiers hydrauliques a augmenté d'un tiers.

La chaux hydraulique factice a été employée à Toulon à des constructions de toute espèce, et par-tout elle a donné d'excellens résultats.

Le chapitre 20 a pour objet l'examen des chaux tirées des environs de Saint-Pétersbourg : les chaux observées sont au nombre de quatre, une grasse, une un peu hydraulique, une hydraulique, et une éminemment hydraulique. Cette dernière, trouvée près de Narva, était rejetée par les habitans comme très-mauvaise. L'essai de ces chaux a été fait d'après les procédés de M. Vicat, et a donné une nouvelle preuve de la bonté des préceptes de cet ingénieur.

Dans le chapitre 2, l'auteur expose les caractères extérieurs des quatre espèces de pierres à chaux dont il vient d'être question; leur analyse chimique; leur perte au feu; ce qui se passe dans l'extinction des quatre espèces de chaux par chacun des trois procédés d'extinction; les expériences faites sur ces chaux à l'état d'hydrate et mélangées avec des sables quarzeux; celles faites sur les mortiers de chaux, pouzzolane artificielle et sable : toutes ces applications ont parfaitement confirmé la bonté et la généralité des méthodes de M. Vicat.

En rendant compte des expériences qu'il a faites pour transformer en pouzzolane artificielle les terres argileuses par la méthode de M. Vicat, M. Raucourt observe que la qualité de la pouzzolane ne dépend pas seulement du degré de cuisson, mais aussi de la qualité de la terre; que les argiles ferrugineuses donnent les pouzzolanes les plus énergiques. En appliquant ses observations à la transformation des chaux communes en chaux hydrauliques, il établit en principe que pour reconnaître, parmi plusieurs terres, quelle est l'argile qui convient le mieux à cette transformation, il faut exposer ces terres vingt minutes sur une plaque de tôle rouge, et choisir l'argile qui, mêlée cuite avec la chaux en épreuve, donnera le mortier le plus hydraulique.

On peut citer comme un modèle de soins toutes les expériences, au nombre de plus de quinze cents, qu'a faites M. Raucourt pour la transformation de ses quatre espèces de chaux en chaux hydrauliques factices par l'addition de l'argile, pour déterminer l'influence des propor-

tions de terre argileuse, celle du degré de cuisson, etc. C'est ainsi qu'il faudrait toujours étudier toute espèce de chaux, pour en tirer le meilleur parti possible. Voici les faits les plus remarquables observés par cet ingénieur.

La chaux grasse et la chaux peu hydraulique, mêlées à un quinzième de terre, étaient très-peu hydrauliques, mais leurs propriétés hydrauliques croissaient à mesure qu'on y ajoutait plus de terre jusqu'à la proportion d'un sur un de chaux : dès qu'on allait au-delà, ces propriétés étaient décroissantes.

Pour la chaux hydraulique, l'accroissement de propriété hydraulique ne s'est manifesté que jusqu'à la proportion d'un quart de terre ; avec un tiers elle était stationnaire ; mais, au-delà, elle rétrogradait tellement, qu'avec un demi de terre la chaux était à peine hydraulique.

La chaux très-hydraulique n'a jamais pu gagner par une addition de terre argileuse ; elle a conservé ses propriétés hydrauliques, quoique mélangée avec un quinzième de terre ; mais, au-delà, elle a sensiblement perdu.

Ces résultats diffèrent beaucoup de ceux trouvés par M. Vicat, quant aux proportions des mélanges. Les essais faits pour déterminer l'influence du degré de cuisson ont montré que pour les chaux grasses et peu hydrauliques les chaux bien cuites ont durci plus vite que les autres, et que le contraire avait lieu pour les chaux hydrauliques et très-hydrauliques. Dans ces expériences, la quantité de terre mêlée aux chaux était très-rapprochée du maximum de terre qui leur convient. Dans d'autres essais faits

en mêlant un peu moins d'argile aux chaux hydraulique et très hydraulique, et un peu plus aux chaux grasse et peu hydraulique, on a obtenu des résultats inverses : M. Raucourt en conclut qu'un degré de cuisson de plus équivaut à l'addition d'un peu plus de terre.

En général, il résulte de toutes ces expériences que la quantité de terre à ajouter aux chaux naturelles pour les rendre très-hydrauliques est dépendante de la nature de la chaux, des qualités de la terre et du degré de cuisson ; que, dans le cas où l'on serait tombé dans l'excès de l'un ou de l'autre, un moyen de donner aux chaux factices toutes les qualités désirables est d'y ajouter un peu de chaux naturelle, de telle sorte que dans le mélange il se trouve de fait à-peu-près la même quantité de chaux en poids, relativement au poids total indiqué par les proportions reconnues les meilleures.

Dans le chapitre 22, M. Raucourt cherche à expliquer comment il se fait qu'en Russie les meilleures chaux étaient rejetées comme mauvaises, tandis que les mauvaises étaient employées comme bonnes. Il attribue ce fait à l'ignorance des vrais principes, et sur-tout à l'avidité des entrepreneurs, qui évaluaient la bonté de la chaux d'après le foisonnement qu'elle donnait : il en est encore ainsi dans une grande partie de la France.

Le chapitre 23 contient l'exposition des recherches particulières de l'auteur sur la confection des terres cuites, des chaux et des mortiers.

M. Raucourt pensant que le degré de cuisson ne pouvait pas être la seule cause des qualités

supérieures que les terres argileuses acquièrent par une torréfaction de quelques minutes sur une plaque de tôle rougie, puisque les briques mal cuites donnaient de mauvaise pouzzolane (1), attribue ce résultat au contact de l'air, et il assure que ses propres expériences ont complétement confirmé cette induction. Il croit que la même cause produit un effet analogue dans la cuisson des chaux hydrauliques factices. Pour prouver cette dernière assertion, il a fait trois séries d'expériences sur des mélanges de plusieurs espèces de chaux communes avec leur maximum de terre. Il a réduit ces mélanges en plaques d'un demi-pouce d'épaisseur; la moitié de ces plaques a été séchée au grand air, l'autre moitié a été employée encore humide. Pour ces dernières, les chaux produites étaient de mauvaise qualité, quels que fussent le procédé et le degré de cuisson; et M. Raucourt a conclu qu'il fallait toujours faire sécher les chaux hydrauliques factices avant de les cuire : c'est un fait bien connu. Voici le détail des expériences faites sur les pâtes séchées à l'air : dans une première série d'expériences, ces essais ont été brisés, réduits en parcelles de la grosseur d'un pois, et successivement placés sur une plaque de fonte rouge d'environ une ligne d'épaisseur, pendant un quart, une demie, trois quarts et une heure;

(1) Ce fait est bien loin d'être aussi général que le pense M. Raucourt; car M. le colonel du génie Treussart a prouvé que certaines briques mal cuites donnaient d'excellente pouzzolane, qu'il suffisait pour cela qu'elles continssent quelques centièmes de chaux.

dans une deuxième série, ils ont été placés dans un four bien chauffé au rouge, dans lequel l'air pouvait circuler, et ils y sont restés le même temps que dans la première série. Enfin, dans la troisième série d'expériences, les essais ont été placés en contact avec des charbons de bois. On a observé, dans chaque série d'expériences et après la cuisson, la couleur des essais, leur consistance, la diminution de volume, la chaleur dégagée et le temps de la prise.

Les diminutions de volume et la chaleur dégagée n'ont pas fourni de résultats dont on puisse tirer quelque conclusion utile ; les changemens de couleur annoncent que le fer contenu dans les essais a passé par tous les états d'oxidation, et que celui de peroxide est le plus favorable ; et la consistance des chaux cuites prouve que les chaux ne doivent pas être vitrifiées pour donner de bons produits : ce dernier fait est connu de tous ceux qui ont fabriqué de la chaux.

Les mêmes séries d'expériences ont été faites avec des mélanges de chaux moyennes et peu hydrauliques, et ont confirmé les conclusions précédentes et la plus essentielle qui me reste à citer ; savoir, qu'un premier degré de chaleur, au rouge seulement, et le contact de l'air préparent les parties constituantes des chaux de la manière la plus favorable pour qu'elles forment promptement corps dans l'eau.

M. Raucourt, en rapprochant les observations qu'il a faites sur le changement de couleur de ses essais, selon les divers degrés de cuisson, des expériences faites sur les mélanges de la chaux, soit avec la silice en gelée, ou d'autres bases ter-

reuses, soit avec les oxides de fer et de manganèse, croit qu'on pourrait conclure que tous les oxides métalliques convenablement préparés par le feu formeront avec la chaux des combinaisons susceptibles de durcir dans l'eau. Sans généraliser autant ce principe, je pense que la chaux commune peut devoir à son mélange ou à sa combinaison avec divers oxides métalliques la propriété de devenir hydraulique. M. Raucourt établit avec assez de vraisemblance que l'oxigène joue un grand rôle dans toutes ces combinaisons; et il trouve dans cette action de l'oxigène l'explication de l'influence de l'extinction spontanée sur les chaux grasses.

Sans s'arrêter à ses idées théoriques, qu'il présente d'une manière dubitative, l'auteur résume ainsi les faits observés dans ses premières expériences : il faut peu de feu pour calciner les chaux hydrauliques factices ; les préparations doivent être séchées avant d'être mises au feu ; le contact de l'air dans la cuisson est indispensable ; tout degré de feu un peu élevé détruit les qualités que le feu modéré avait fait naître, et enfin il faut au moins un quart d'heure de feu au rouge pour que le degré de cuisson soit suffisant.

Ici, il devient difficile de suivre M. Raucourt dans ses expériences et dans ses raisonnemens, et l'importance des résultats auxquels il est arrivé fait regretter qu'il n'ait pas mis tous les soins qu'on pourrait désirer dans le compte qu'il rend de ses nouvelles recherches; elles ont eu pour objet de déterminer l'influence que peuvent avoir sur la prise et par suite sur la résistance des mortiers

le degré de consistance en les fabriquant, ce même degré en les immergeant, ainsi que l'emploi de la chaux active et de la chaux éteinte par les trois procédés d'extinction.

Dans les considérations préliminaires qui précèdent cet exposé, M. Raucourt continue à appeler chaux vive la chaux prise à sa sortie du four; il appelle *chaux actives* les chaux éteintes par le deuxième et le troisième procédé et non mises en pâte, et *chaux éteintes* celles éteintes par l'un quelconque des trois procédés d'extinction, mises de suite en pâte et refroidies depuis long-temps. Ainsi, ajoute-t-il, la chaux employée vive est de la chaux active éteinte par le premier procédé, et les chaux éteintes par le deuxième et le troisième procédé, employées aussitôt la nouvelle addition de l'eau, qui leur est indispensable pour être mises en pâte, sont des chaux actives, éteintes par le deuxième et le troisième procédé. Il me semble qu'il eût mieux valu s'en tenir au langage adopté et consacré par M. Vicat.

M. Raucourt distingue quatre degrés de *consistance* pour les essais de mortier au moment de la manipulation : le premier degré est celui de la bouillie liquide, ou des mortiers noyés; pour le deuxième, le troisième et le quatrième degré (mortiers mal faits ou pour matériaux spongieux, mortiers ordinaires, mortiers bien faits), les mortiers doivent supporter, avec une légère dépression, une tige en fer d'une ligne de diamètre, chargée d'un poids d'un trente-deuxième, un huitième ou un quart de livre. Après leur confection, si on laisse reposer les mortiers, leur consistance augmente, et M. Raucourt l'ap-

pelle alors résistance, dont il distingue trois degrés, selon que le mortier supportera la tige chargée d'un tiers, deux tiers de livre, ou une livre et demie.

Trois espèces de chaux ont servi aux expériences, l'une très-hydraulique, la seconde hydraulique, et la troisième peu hydraulique.

Voici les principales remarques auxquelles ces expériences ont donné lieu.

1°. Relativement au mode d'extinction pour obtenir la prise la plus prompte des chaux très-hydrauliques et hydrauliques, il faut les employer actives, quel que soit le procédé d'extinction, et les immerger froides, ayant le deuxième degré de résistance; puis les chaux actives deuxième degré, si l'on y ajoute du sable.

Pour les mêmes chaux et par le premier procédé d'extinction, voici l'ordre des prises après les deux qui viennent d'être cités: les chaux troisième consistance, deuxième degré; les chaux actives employées brûlantes; les chaux, deuxième consistance, deuxième degré, et toujours en décroissant; les chaux, première consistance et deuxième degré; ensuite les chaux, première consistance, premier degré. Autrement, si l'on attend, dans toutes les circonstances, que les essais aient atteint le deuxième degré de résistance, l'emploi à préférer sera la chaux active, la chaux active et sable, la chaux éteinte troisième, deuxième et première consistances.

Les chaux peu hydrauliques ne sont d'accord avec les deux autres que pour la chaux active, premier procédé d'extinction et pour cette même chaux mêlée avec du sable. En général, ces chaux réussissent assez bien avec le sable; mais

elles prennent mieux ayant la troisième consistance, deuxième degré, qu'actives, premier degré.

L'extinction par immersion nuit en général aux chaux hydrauliques ; les chaux qui le sont très-peu paraissent assez généralement y être insensibles : on remarque seulement que, dès qu'on les emploie actives et avec sable, il y a une différence très-marquée en faveur de l'extinction ordinaire.

Les résultats donnés par l'extinction spontanée ne sont pas bien avérés.

2°. Relativement aux autres circonstances de l'emploi, le premier degré de consistance délave les chaux et leur enlève une force qu'elles ne retrouvent jamais, le deuxième degré leur fait moins de mal, le troisième et le quatrième sont les seuls qui conservent aux chaux leurs qualités. Toute chaux active, immergée à l'instant même de la confection, réussit mal. Les chaux actives immergées aussitôt qu'elles sont refroidies prennent dans l'eau ; à deuxième et troisième résistances, elles prennent sur-le-champ, et malgré l'immersion, elles augmentent toujours en dureté : les chaux peu hydrauliques font exception. Les chaux actives accélèrent la prise des mortiers, les chaux éteintes la reculent.

M. Raucourt croit qu'au moyen du tableau de ses expériences, et connaissant la nature de la chaux, le degré de consistance des mortiers, leur degré de résistance, le mode d'extinction, l'emploi de la chaux active ou éteinte, on pourra déterminer à l'avance le temps de la prise, et par suite en déduire la résistance future des mortiers.

Après ces expériences, l'auteur en a fait d'autres dans le double but de chercher à donner et à enlever, par la cuisson, des qualités hydrauliques à des chaux hydrauliques factices, et de reconnaître les différences de prise en les employant actives ou éteintes. Ces recherches, faites sur plus de cinquante espèces de chaux hydraulique factice, ont pleinement confirmé les remarques précédemment faites. En employant d'abord les chaux éteintes par le procédé ordinaire, et immergées en pâte de troisième consistance à-peu-près, elles ont pris en partie du premier au quinzième jour; plusieurs ont retardé un ou deux mois, et d'autres n'ont jamais pris aucune consistance. Les essais faits en employant la chaux active et le premier procédé d'extinction ont donné des résultats infiniment meilleurs. M. Raucourt, d'après ces faits, s'étonne que M. Vicat ait renoncé à l'emploi de la chaux vive; car, dit-il, la raison spécieuse que les chaux se développent dans l'eau n'est pas sans réplique, les chaux de Boulogne et le ciment anglais s'employant ainsi.

De tout ce qui précède, l'auteur a déduit les règles suivantes, que je crois devoir citer textuellement.

Tout mortier délayé, de première consistance, prend deux et trois fois plus tard que sa nature le comporte.

Le mortier de deuxième consistance ne perd pas toujours moitié.

Le mortier de troisième a presque toute sa qualité.

Le mortier de quatrième consistance est le

meilleur, et c'est ainsi qu'on devrait toujours l'immerger.

Les mortiers de première, deuxième et troisième résistances ne peuvent être employés que sur les travaux construits avant d'être immergés, toute rupture après la prise offrant une désunion.

En laissant les mortiers de première consistance exposés à l'air, en les remuant de temps à autre pour changer la surface en contact, jusqu'à ce qu'ils aient acquis le troisième degré de résistance, on peut leur faire retrouver la moitié de leur propriété. En général, le troisième degré de consistance corrige le mal provenant du délayement de la chaux.

Si l'on est forcé de garder des chaux très-hydrauliques, le meilleur moyen de les conserver est de les réduire mécaniquement en poussière, et de les laisser éteindre par le troisième procédé : il faut alors les employer avec très-peu d'eau.

M. Raucourt termine cette deuxième partie de l'ouvrage, en recherchant l'influence que peuvent avoir sur des chaux éteintes, par les trois procédés d'extinction, des retards apportés dans leur emploi ; quelles sont les limites après lesquelles les chaux ne peuvent plus servir, et enfin la déperdition des mortiers fabriqués, séchés et rebroyés.

Il ne m'a pas été possible de saisir les conclusions que l'auteur tire de dix séries d'expériences faites à ce sujet ; quelques-unes m'ont paru contradictoires, et il sera difficile d'en faire quelque application utile : je crois donc devoir

me dispenser d'en présenter l'analyse. M. Raucourt essaie aussi d'expliquer les propriétés variées que présentent les chaux d'après leur composition ; il conclut de ses raisonnemens que les propriétés hydrauliques des chaux ne sont point dépendantes d'un oxide terreux ou métallique en particulier, mais que tous semblent contribuer à les leur donner. Quant au rôle qu'il fait jouer à l'oxigène dans cette opération et à la transformation de la silice, de l'alumine, de la magnésie, etc., en silicates, aluminates, etc., il est permis de douter de ces faits, non pas seulement, comme le dit l'auteur, parce qu'ils sont contredits par tous les livres de chimie, mais parce que ce ne sont que de simples hypothèses, qui, jusqu'à présent, me semblent tout-à-fait gratuites.

Dans la troisième partie de l'ouvrage, M. Raucourt applique les principes et les résultats consignés dans les deux premières à la manipulation en grand : c'est la partie expérimentale de son travail, celle qu'il destine aux praticiens.

Après quelques mots sur les pierres à chaux, l'auteur parle des fours à chaux qui lui ont paru les meilleurs : 1°. les fours à chaux à grande flamme dont il décrit la forme, la manière de les construire, de les charger, la cuisson soit a ec du gros bois, soit avec des fagots ; 2°. les fours contigus qui sont employés dans différens lieux, et qui présentent plusieurs avantages sous le rapport de l'économie ; 3°. les fours à petit feu, sur lesquels M. Raucourt ne s'est pas attaché à donner assez de détails pour guider les constructeurs dans les opérations difficiles de la cuisson.

Dans le chapitre 25, l'auteur entre dans de nouveaux détails sur l'extinction de la chaux par les trois procédés : tout ce qu'il dit sur l'extinction ordinaire est connu. Après avoir décrit la méthode en usage pour l'extinction par immersion, M. Raucourt fait connaître deux machines de son invention pour effectuer la même opération avec plus d'économie. La première est extrêmement simple, et consiste dans une perche flexible, à laquelle on suspend le panier contenant la chaux au-dessus d'un tonneau plein d'eau; il n'en donne pas le produit. La seconde ne paraît pas avoir été essayée, et je ne pense pas qu'il soit possible de l'employer avec avantage. C'est une combinaison de moulins à broyer, de roues, de trémies, tellement compliquée, d'une exécution si dispendieuse, et d'un effet si incertain, que je crois pouvoir me dispenser d'en parler avec détail. Le moyen indiqué pour effectuer l'extinction spontanée n'offre rien de particulier. Ce chapitre est terminé par la description d'une machine pour passer et broyer les chaux et les mortiers. Cette machine, en usage en Angleterre, se compose d'un plateau circulaire en fonte, placé horizontalement, et qui se meut autour d'un axe vertical au moyen d'un moteur quelconque. Deux meules en granite ou en pierre dure reposent sur les deux extrémités du diamètre du plateau, par le mouvement duquel elles sont entraînées à tourner verticalement. En parcourant ainsi toute la surface du plateau, elles écrasent, en passant, les substances que l'on y a jetées. Cette machine, assez compliquée, et de plus fort dispendieuse, est bien inférieure à

60.

celle dont on se sert en France pour le même usage.

Le chapitre 26 contient des considérations sur l'emploi des chaux grasses pour les carrelages, les enduits intérieurs, et même pour composer des stucs. L'auteur s'exagère peut-être la bonté de semblables constructions. Il s'occupe ensuite de l'emploi des chaux hydrauliques comme plâtre, et des applications qu'on pourrait en faire au moulage des statues, des bas-reliefs, et même de la lithographie. Tout ce qu'il dit à ce sujet paraît plutôt conjectural que fondé sur l'expérience.

Dans le chapitre 27, qui a pour objet la préparation et l'emploi de la terre argileuse propre à faire des chaux hydrauliques factices, on ne trouve rien qui ne soit dans l'ouvrage de M. Vicat. Les détails analytiques qui terminent ce chapitre ne sont pas susceptibles d'application.

Le chapitre 28 donne les détails de la fabrication de la chaux hydraulique factice et des pouzzolanes artificielles. L'auteur décrit deux procédés pour opérer le mélange de la chaux commune avec l'argile, l'un en petit, et l'autre en grand; je ne pense pas qu'aucun de ces moyens puisse produire un mélange intime des matières, et comme celui qu'emploie M. de Saint-Léger, à Paris, est également applicable à une petite fabrication et à une grande, il sera toujours préférable de l'employer. Lorsque le mélange est réduit en pâte, on en forme de petits cubes que l'on fait sécher à l'air, ou autrement, avant de les cuire.

Le premier procédé de cuisson, indiqué, est celui qu'on emploie pour la chaux ordinaire, dans le four à bois. On forme la voûte inférieure du four

avec de la pierre à chaux ordinaire, et on achève de remplir le four avec des pierres factices. Il résulte de l'analyse des prix de cette chaux factice et de la chaux commune que ces prix sont :: 7 : 5.

L'auteur indique un autre mode de manipulation, qui consisterait à étendre la pâte factice sur le sol, comme une galette d'un demi-pouce à un pouce d'épaisseur, laquelle, en séchant, se fendillerait et pourrait être ramassée au râteau. En cet état, on la jetterait dans un petit four à réverbère, où elle cuirait, dit M. Raucourt, en un quart d'heure. Je ne sais pas si ce moyen a été essayé; mais je n'y ai aucune confiance. Les deux fours imaginés ou indiqués par cet ingénieur paraissent peu propres à cuire de la chaux hydraulique : ils ne pourraient servir, d'ailleurs, que dans la supposition où un feu rouge suffirait pour cuire de la chaux, et, pour cela, il faudrait réduire la pierre factice en fragmens de très-petites dimensions, ce qui serait impraticable dans une fabrication en grand. Il paraît même que, dans ce cas, une demi-heure de feu au rouge ne cuirait pas les chaux artificielles, et M. de Saint-Léger a maintenu des chaux à double cuisson au rouge vif pendant plus de huit heures sans obtenir la moindre apparence de cuisson.

Le chapitre 29 a pour titre : *Des sables, des pouzzolanes et de leur mélange avec la chaux.*

M. Raucourt cite de nouveau les principes que M. Vicat a déduits de ses expériences sur les mélanges auxquels conviennent les sables de différentes grosseurs, quelle que soit d'ailleurs la nature intime de ces sables, dans lesquels l'auteur range même toutes les pouzzolanes soit naturelles, soit artificielles. Ainsi, le gros sable con-

vient aux chaux grasses; le sable mêlé aux chaux moyennes ou peu hydrauliques et le sable fin, aux chaux très-hydrauliques. En appliquant ce principe (de M. Vicat) aux pouzzolanes, M. Raucourt a soin de dire qu'il ne considère que celles qui seraient en fragmens plus ou moins gros et entièrement dégagés de toutes leurs parties déliées. Il en conclut: 1°. que les pouzzolanes se composent de deux parties : l'une, en fragmens appréciables, et agissant comme sable ; l'autre, en poudre impalpable, qui opère la transformation des chaux communes en chaux hydrauliques; 2°. qu'on augmentera leur énergie en les broyant le plus fin possible.

L'addition de la terre crue aux sables diminue leurs qualités, l'addition des terres cuites les augmente; s'ils contiennent peu de ces dernières, l'ordre de préférence sera le même que pour les sables purs; s'ils en contiennent un peu plus, ce sera l'ordre des sables mêlés de sablon (poudre sablonneuse), c'est-à-dire qu'ils conviendront aux chaux peu hydrauliques et moyennes; enfin, s'ils en contiennent assez pour changer les chaux communes en chaux hydrauliques, ils conviendront aux chaux grasses, et devront être lavés pour donner de bons mortiers avec des chaux hydrauliques.

L'appareil qu'indique M. Raucourt pour laver et trier les sables mêlés paraît impraticable : du sable fin étant mouillé continuellement ne passerait pas à travers un crible en toile métallique, et comme la supposition de ce fait est la base du procédé, je crois inutile d'en parler longuement.

L'auteur fait ensuite l'examen des sables relativement aux lieux de leur extraction, et voici

l'ordre de prééminence dans lequel il les range : 1°. les sables de fouille, à grains de forme variée ; 2°. les sables qui occupent depuis longtemps le bord de la mer et des rivières ; 3°. enfin, les sables de mer et ceux de rivière.

Pour déterminer le choix des sables relativement à leur composition, M. Raucourt examine les minéraux dont les parties sont liées par un mortier naturel, tels que les cailloux d'Égypte, les granites, les marbres, les poudding, etc. ; mais les considérations qu'il en déduit étant purement hypothétiques, je crois devoir me borner à en citer la conclusion, qui ne paraît pas neuve : c'est que les mortiers les plus résistans seront formés avec les sables les plus durs et les cimens de meilleure qualité. En conséquence, ajoute-t-il, on emploiera des chaux très-hydrauliques, et on prendra, par ordre de préférence, les sables siliceux, basaltiques, quarzeux, granitiques, calcaires et volcaniques.

Les modifications à apporter dans le choix du sable, indiquées par l'auteur, soit d'après la nature de la chaux, soit d'après l'espèce de résistance qu'on veut établir, ne sont fondées sur aucune expérience ; mais, à ce qu'il paraît, sur des considérations relatives à la forme présumée des grains, je me dispenserai de les citer.

L'évaluation des quantités de chaux qui doivent être mêlées avec les sables pour faire les meilleurs mortiers, fondée sur ce principe général : *Que la résistance du mélange des substances diverses participe davantage de la résistance du composant dont ils contiennent le plus* : d'où résulte, dit M. Raucourt, que si l'on pouvait étendre ces conclusions aux sables de toutes grosseurs,

il ne resterait plus qu'à rechercher la mesure des intervalles que les sables laissent entre eux, pour avoir celle de la chaux qu'il faudrait leur ajouter. Il indique en conséquence un moyen pratique de mesurer ces intervalles : il consiste à remplir une mesure déterminée de sable et à déterminer la quantité d'eau qu'on peut y verser sans les faire déborder. Voici le résultat de ses expériences :

Débris ou cailloux de la grosseur d'un œuf pour un volume de pierre.	$\frac{1}{2}$	d'eau et plus.
Sables ou graviers de 5 à 6 lig. de diam.	$\frac{1}{2}$	*id.*
Sable gros de 1 à 2 lignes.	$\frac{5}{11}$	*id.*
Sable moyen d'une demi-ligne.	$\frac{2}{5}$	*id.*
Sable fin d'une demi-ligne..........	$\frac{1}{3}$	*id.*
Sablons et terres.	$\frac{2}{7}$	*id.*

Il en conclut que plus les sables sont gros, plus il faudra y joindre de chaux, et il en déduit les proportions suivantes pour la composition du mortier.

Pour le sablon,	sur 2 de chaux	7 de sable.
Sable fin,	sur 1 de chaux	3 de sable.
Sable moyen,	sur 2 de chaux	5 de sable.
Sable gros,	sur 5 de chaux	12 de sable.
Gravier,	sur 1 de chaux	2 de sable.
Cailloux,	sur 1 de chaux	2 de cailloux.

Il n'y a d'exception à ces règles, dit M. Raucourt, que par le retrait de la chaux (quand elle est commune), ou par l'augmentation de volume de certains sables par suite de leur mélange avec la chaux. Dans le premier cas, il faut ajouter un ou deux dixièmes de chaux; dans le second, il faut ajouter une quantité de chaux égale en volume à l'augmentation du volume du mélange. Les généralités qui suivent conduisent l'auteur

à la conclusion que les mortiers les meilleurs et les plus économiques sont ceux dans lesquels on emploie des sables mêlés ; il se propose en conséquence de déterminer les proportions de chaque espèce de sable, de grosseurs distinctes données, qui convient le mieux aux sables mêlés ; il y parvient par un moyen mécanique. Tous ces résultats seraient très-précieux s'ils avaient été fournis ou du moins confirmés par des expériences nombreuses : c'est ce que l'auteur ne fait pas connaître. On est tenté, dès-lors, de ne les considérer que comme les conclusions d'une théorie ingénieuse, qui pourra donner d'utiles renseignemens à ceux qui voudront faire des expériences sur ce sujet intéressant. Au reste, on ne peut qu'approuver ce que dit M. Raucourt à la fin de ce long chapitre : « Qu'il n'existe pas » de règle unique pour le choix des sables ; qu'il » doit être aussi varié que les usages auxquels » ils sont destinés ; qu'il est dépendant de leur » emploi, etc. (1) »

Dans le chapitre 30, l'auteur expose une nouvelle nomenclature de toutes les substances qui peuvent entrer dans la composition des mortiers. Il ne conserve le nom de *chaux* qu'à la chaux pure (*oxide de calcium*) : il appelle *ciment* la chaux hydraulique ; *sable*, toute substance minérale quelconque en fragmens plus ou moins petits, et qui ne se résoudra pas en parties inap-

(1) Pendant l'impression de cet article, M. le capitaine du génie Henry Soleirol m'a fait part d'un travail fort intéressant sur les mortiers, et dans lequel il établit entre autres résultats, par de très-nombreuses expériences, le moyen indiqué dans l'ouvrage de M. Raucourt pour déterminer les proportions relatives de chaux et de sable qui

préciables dans un mélange; *sablon*, tous débris de pierre dure, quartz, etc., réduits en poudre impalpable; *terres cuites*, toute substance minérale qui ne sera point de la chaux, et qui pourra s'extraire en poudre impalpable de terrains calcinés par la nature ou par l'art (dans les sablons et les terres cuites, il distingue deux parties: l'une, qu'il appelle *base hydraulique*, pourra donner à la chaux des propriétés hydrauliques; l'autre, qu'il appelle *base ordinaire*, n'agira que comme sable très-fin); *terre crue*, toute substance minérale isolée ou confondue avec les sables, qui pourra se diviser dans l'eau et se réduire en bouillie comme la chaux; *mortier*, tout mélange de chaux et de base ordinaire; *ciment*, tout mélange de chaux et de base hydraulique; *mortier ordinaire*, tout mélange de base et de chaux qui ne contiendra point de base hydraulique; et *mortier hydraulique*, tout mélange de base hydraulique et de chaux.

Cette nomenclature me paraît au moins inutile; elle est même nuisible en ce qu'elle change la signification de certains mots consacrés par un long usage et par des écrits qui sont dans les mains de tous les constructeurs. L'auteur paraît l'avoir imaginée pour pouvoir proposer une *nouvelle notation*, une espèce d'algèbre qui ne sera pas comprise des praticiens, et que vraisemblablement les ingénieurs n'adopteront point. Je me borne à en citer un exemple: ciment au

---

doivent entrer dans la composition d'un bon mortier, et qui consiste à ajouter au sable employé la quantité de chaux nécessaire pour remplir les vides du sable. Je dois ajouter que lorsque M. Soleirol a fait ses expériences, l'ouvrage de M. Raucourt n'avait pas encore paru.

dixième de base ordinaire, au sixième de base hydraulique, aux trois demies de sable, au quart de sablon et au vingtième de terre crue, s'exprime ainsi : C. *o*, 10 — $\frac{1}{6}$ — 1,50S — 0,25*s* — 0,05 *ter*.

Je vais essayer maintenant de suivre l'auteur dans l'exposition de ses procédés pour distinguer les propriétés des différentes substances qui entrent dans la composition des mortiers; savoir : les chaux, les sables et les terres, et en faisant autant que possible abstraction de sa nomenclature et de sa notation. Il évalue la quantité de chaux pure que contient une chaux naturelle quelconque d'après la quantité d'eau que ces dernières peuvent absorber, et il conclut de quatre essais, que les chaux naturelles qui absorberont trois fois un quart leur poids d'eau ne contiendront que de la chaux pure donnant trois et demie pour un en volume après l'extinction, et seront des chaux grasses; que les chaux naturelles qui absorberont deux fois et demie leur poids d'eau contiendront trois parties de chaux et une de base inconnue, donnant trois pour un en volume après l'extinction, et seront des chaux moyennes, et ainsi de suite pour les chaux maigres et très-maigres. Il obtient ensuite, par des parties proportionnelles, les élémens des chaux qui donneraient une absorption comprise entre les exemples cités, et qui auraient des qualités intermédiaires. On voit tout ce qu'a d'arbitraire cette méthode, dont les résultats sont contredits par une foule d'expériences, et qui, d'ailleurs, ne conduit à rien d'utile. Pour évaluer les quantités de sable et de terre qui entrent dans les chaux naturelles; en un mot, pour en faire

l'analyse chimique, M. Raucourt croit qu'il suffira d'un lavage et d'une séparation mécanique au moyen d'un crible. C'est une erreur : ce procédé n'apprendra rien. Pour l'évaluation de la base hydraulique contenue dans les chaux naturelles, il fait l'épreuve de ces dernières, et il conclut du nombre de jours de la prise le rapport en poids de la base hydraulique, et comme la quantité de chaux est donnée par la première expérience, il en déduit par analogie la base hydraulique, qui, soustraite de la base incertaine, donne la base ordinaire, qu'il faut absolument connaître, dit M. Raucourt, pour fixer les proportions de sable qu'on doit joindre au ciment, afin de fabriquer de bons mortiers hydrauliques. Je pense que s'il fallait absolument comprendre tout cela pour pouvoir faire de bons mortiers, peu de personnes parviendraient à en fabriquer.

Il n'est guère plus aisé de saisir ce que dit l'auteur sur l'évaluation de la base hydraulique que contiennent les sablons et les terres, ainsi que ce qu'il ajoute dans tout le reste de ce chapitre. Un langage nouveau, de continuels renvois à d'autres articles, en rendent la lecture difficile, sinon impossible. Au surplus, l'auteur ne tire aucune conclusion.

Le chapitre 32, qui termine l'ouvrage, est intitulé *De la composition générale des mortiers.* M. Raucourt présente dans des tableaux à colonnes toutes les proportions qui peuvent, selon lui, convenir pour faire des mortiers soit ordinaires, soit hydrauliques, d'après les propriétés des ingrédiens qui doivent y entrer. Il assure que, d'après quelques expériences sur les élémens, on peut opérer avec certitude toutes les transforma-

tions possibles de mortier à mortier, de ciment à ciment, de mortier à ciment, terre, sablon et sable, à volonté : il suffit, dit-il, d'ajouter ou de retrancher de telle sorte que les proportions de chaux et de base deviennent précisément celles demandées.

Des essais directs conviendront certainement mieux aux praticiens et même aux ingénieurs que ces données de calcul, qui, lors même qu'elles seraient déduites de l'expérience, ne pourraient être susceptibles d'applications générales.

M. Raucourt dit que le mode de manipulation des mortiers devrait varier d'après leur composition ; il donne le meilleur moyen à employer dans chaque cas, et conclut qu'il faut broyer toujours les parties broyables isolément, toutes les fois qu'il est utile de le faire, et qu'un moyen plus simple et moins dispendieux ne peut conduire au même résultat ; ensuite mêler et toujours mêler, dès l'instant que des cimens plus gros et qu'on n'a pas intérêt de réduire se trouvent ajoutés aux premiers.

L'auteur fait, dans un résumé, l'application de ses idées et de sa notation. Il suppose un constructeur placé dans un pays qu'il ne connaît point et obligé de choisir et d'établir de suite les élémens et les moyens de construction. Il détermine d'abord, d'après les expériences indiquées ci-dessus et en se servant de ses tableaux, les proportions à préférer pour les différentes maçonneries ; il établit ensuite les moyens d'exécution en grand, en renvoyant, selon les cas, aux différens articles de son ouvrage ; puis il parle de l'emploi des mortiers en général, soit qu'on les emploie comme matière première, c'est-à-dire

seuls ou seulement avec de menues blocailles pour des terrasses ou du couchis de voûtes, pour des aires, des pierres factices, des mosaïques, etc., soit qu'on les emploie comme moyen de liaison dans les constructions telles que les murs droits, les voûtes, les fondations dans l'eau ou en pleine terre, etc. Cette revue des principaux emplois des mortiers est terminée par une application sommaire à la construction d'un grand édifice public. M. Raucourt indique, au moyen de sa nouvelle notation, les mortiers qui conviendraient à des fondemens immergés, à des voûtes de caves, à des soubassemens, à des parties de murs plus ou moins élevées, aux intérieurs, aux enduits, etc.

L'auteur termine *la conclusion* de son ouvrage en recommandant aux personnes peu familiarisées avec l'art de construire, et qui voudraient faire de bons mortiers, d'étudier particulièrement la première partie et les cinq premiers chapitres de la troisième; aux personnes intéressées à acquérir des connaissances dans l'art de bâtir, de lire tout l'ouvrage, et aux constructeurs de profession au courant des découvertes modernes, de consulter d'abord la troisième partie.

ORDONNANCES DU ROI, CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LA FIN DU TROISIÈME TRIMESTRE DE 1824.

ORDONNANCE du 1er. septembre 1824, portant concession de la mine d'anthracite du Puy-Saint-Pierre (Hautes-Alpes).

Mine d'anthracite du Puy-Saint-Pierre.

(Extrait.)

LOUIS, etc., etc., etc.

ART. Ier. Il est fait concession au sieur Laurençon de la mine d'anthracite ou charbon de terre, située dans la commune du Puy-Saint-Pierre, arrondissement de Briançon, département des Hautes-Alpes.

ART. II. Cette concession, renfermant une surface de 46 ares 47 centiares, est et demeure limitée conformément au plan joint à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord-est, par une ligne partant du point A, extrémité nord d'un mur de soutènement, dans lequel est engagé un gros rocher, sur lequel un repère, formé des lettres L, A, sera profondément gravé, et se rendant au point B, à 112 *mètres* du point A, à l'extrémité sud d'un rocher au pied duquel sera placée une borne marquée des lettres L, B.

Au sud-est, par une ligne droite partant du point B, de 70 mètres de long, et se rendant, au point C, à un rocher élevé, sur lequel seront gravées profondément les lettres L, C.

Au sud-ouest, par une ligne droite partant du point C, ayant 95 mètres de long, et se rendant au point B, vers l'extrémité méridionale du mur de soutènement désigné plus haut, et qui sera déterminé exactement par une borne marquée des lettres L, D.

Enfin, au nord-ouest, par ledit mur, en partant du point D, jusqu'au point A, lieu de départ.

Art. III. Les bornes et marques désignées ci-dessus seront plantées et gravées à la diligence du préfet des Hautes-Alpes et aux frais du concessionnaire, sous la surveillance de l'ingénieur des mines, qui en dressera procès-verbal en double expédition, dont l'une sera déposée aux archives du département, et l'autre à celles de la mairie du Puy-Saint-Pierre. Il sera donné avis de ce dépôt à notre Conseiller d'État, Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. IV. Le cahier des charges, tel qu'il a été arrêté, pour la demande en concession, en conseil général des mines, est approuvé, et demeurera annexé à la présente ordonnance, comme condition essentielle de la concession, et l'impétrant sera tenu de s'y conformer.

Art. V. Le concessionnaire payera à la commune du Puy-Saint-Pierre, comme propriétaire du sol, la somme de 40 francs, par an, pour toute l'étendue de la concession et pendant la durée de l'exploitation.

Mine de houille de Hury.

Ordonnance du 1er. septembre 1824, portant concession de la mine de houille de Hury (Haut-Rhin).

(Extrait.)

Louis, etc., etc., etc. ;

Art. Ier. Il est fait concession au sieur Pierre-Nicolas Leclerc, et au sieur Jacques-Gabriel Vallet, de la mine de houille de Hury, située commune de Sainte-Croix, département du Haut-Rhin.

Art. II. La part afférente du sieur Leclerc dans les charges et bénéfices de ladite concession est déterminée aux deux tiers, tant pour lui que pour ses frères et sœurs, aux termes de la donation du sieur Leclerc père, et des arrangemens souscrits par les enfans Leclerc, le tout par actes notariés des 13 janvier, 30 avril, 7 mai et 2 juillet 1824, dont les expéditions resteront annexées à la présente ordonnance.

La part du sieur Vallet dans les charges et bénéfices est fixée à l'autre tiers.

Art. III. La concession, dont l'étendue superficielle comprend 1 kilomètre carré 44 hectares 62 ares, est limitée ainsi qu'il suit :

1°. A l'est, la limite entre les banlieues de Sainte-Croix-aux-Mines et de Liepvre, depuis la quatrième pierre-borne, placée au nord de celle qui forme le point de rencontre des territoires de Ribeauviller, de Roderen et de Liepvre jusqu'à la huitième pierre-borne qui se trouve au nord de ce même point de rencontre; 2°. au nord, une ligne droite partant de cette dernière pierre-borne, et aboutissant à l'angle nord-ouest de la cense du sieur Joseph Roth; 3°. à l'ouest, une ligne droite partant de ce dernier point, et allant à l'angle nord-ouest de la cense du sieur Joseph Henry, dit Pré-de-Lune, et une seconde ligne droite allant de ce point vers l'angle sud-est de la cense du sieur Jean-Baptiste Michel; 4°. au sud, une ligne droite partant de ce dernier point, et allant à la pierre-borne qui fait le point de départ.

Art. IV. Les impétrans feront placer à leurs frais, dans le mois qui suivra la mise en possession, si elles ne sont pas déjà posées, des bornes en pierre sur les divers points indiqués ci-dessus.

L'ingénieur des mines dressera procès-verbal de cette opération, dont expéditions seront déposées aux archives de la préfecture et à celles de la commune; il sera donné avis de ce dépôt à notre Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. IX. La présente concession est accordée, sous la réserve des droits qui pourraient être acquis par la décision ministérielle du 8 octobre 1821, à la régie actuellement existante, pour l'exploitation de la mine de Hury, et sauf le renvoi au conseil de préfecture de toutes contestations relatives à la conservation de ces droits, conformément à l'article 46 de la loi du 21 avril 1810.

Cahier des charges pour la concession de la mine de houille de Hury.

(Extrait.)

Art. IV. Les travaux d'exploitation du gîte oriental de Hury seront conduits de la manière suivante :

A. Les champs d'exploitation seront préparés par des

galeries d'allongement percées sur la couche de houille. Ces galeries devront avoir 1 mètre 50 centimètres de largeur à 1 mètre 70 centimètres de hauteur, et seront conduites, autant que possible, sans sinuosités et avec un sol égal.

B. Des galeries d'airage seront conduites dans le sens du pendage de la couche, d'une galerie d'allongement à l'autre.

C. Des massifs de houille de 3 mètres d'épaisseur seront conservés le long des galeries d'allongement. Ces massifs seront percés par de petites traverses, au moyen desquelles on arrivera aux tailles.

D. L'exploitation proprement dite aura lieu par tailles partant de ces traverses, et dont le front sera dans le sens de la direction des couches. Les tailles pourront n'avoir que la hauteur nécessaire au travail d'un ouvrier couché.

E. Les vides produits par le déhouillement seront remblayés par les déblais que fournira ce travail ; mais on conservera, aux deux extrémités de la traverse, des passages, l'un pour le roulage, l'autre pour l'airage, conduisant tous deux aux galeries d'allongement, et dont le premier devra avoir au moins 1 mètre de hauteur et 1 mètre de largeur. Le sol sera égalisé de manière à faire disparaître toutes les grandes bosses, et la direction n'aura aucune sinuosité.

F. Il ne sera permis d'abandonner une galerie d'allongement, et d'en retirer les massifs latéraux de houille, que lorsque la partie du gîte de ce combustible, située entre cette galerie et les deux galeries d'allongement voisines, sera totalement exploitée.

Art. VI. Le cas arrivant d'exploiter une partie du gîte houiller, autre que celle dont il est fait mention dans l'article 4, le mode d'exploitation à suivre sera prescrit par l'administration, et la société sera tenue de s'y conformer.

Ordonnance du 1er. septembre 1824, concernant les usines à fer situées sur le ruisseau de la Saunelle. (Vosges).

(Extrait.)

Usines à fer de Saunelle.

Louis, etc., etc., etc.;

Art. Ier. Les sieurs Édouard-Joseph-Claude Muel, Adol-

phe Muel, Gustave-Adolphe Muel, et Alphonse-Édouard Muel, sont autorisés à conserver et tenir en activité :

1°. Le haut-fourneau, les deux feux d'affinerie, les deux gros marteaux et le bocard à crasses que feu le sieur Florentin Muel, leur père, possédait, et qui, de temps immémorial, existent sur le ruisseau de la Saunelle, dans la commune de Sionne, arrondissement de Neuf-Château, département des Vosges ; 2°. le haut-fourneau, le bocard à mines et les deux lavoirs, qui appartenaient également audit sieur Florentin Muel, et qui existaient anciennement sur le même ruisseau de la Saunelle, dans la commune de Villouxel, arrondissement de Neuf-Château.

Art. II. Les impétrans sont pareillement autorisés à tenir et conserver en activité la chaufferie avec les deux marteaux qui ont été établis en 1821, dans le moulin que ledit feu sieur Florentin Muel possédait aussi sur le ruisseau de la Saunelle.

Art. III. La consistance, l'emplacement et le cours d'eau des usines de Sionne et de Villouxel, sont et demeurent fixés conformément aux articles précédens et aux plans et rapports des ingénieurs des ponts et chaussées, des 1er., 15 août et 16 novembre 1821, lesquels demeureront annexés à la présente ordonnance.

Art. IV. Les hauteurs actuelles des prises d'eau seront fixées au moyen de repères invariables, et il en sera dressé procès-verbal par les ingénieurs des ponts et chaussées ; expéditions de ce procès-verbal seront déposées aux archives de la préfecture du département des Vosges et à celles de la mairie de Sionne et de Villouxel. Il sera donné avis de ce dépôt à notre Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Art. V. Le cahier de charges, souscrit par les impétrans le 27 juillet 1823, et qui restera annexé à la présente ordonnance, est approuvé, à l'exception de l'article 8 qui est remplacé par la disposition qui suit :

« Les impétrans ou leurs ayant cause ne pourront prétendre indemnité, chômage ni dédommagement, si, à quelque époque que ce soit, l'administration, dans l'intérêt de la navigation, du commerce ou de l'industrie, juge convenable de faire des dispositions qui les privent en tout, ou en partie, des avantages résultant de la présente concession ; et, dans ce cas, ils seront tenus de détruire, à la

première réquisition, les ouvrages qu'ils auront exécutés en vertu de ladite concession.

Mines de houille de Garlaban.

ORDONNANCE du 22 septembre 1824, portant concession des mines de houille de Garlaban (Bouches-du-Rhône).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc. ;

ART. Ier. Il est fait concession au sieur Charles Segond des mines de houille de Garlaban, situées communes d'Aubagne et de Roquevaire, département des Bouches-du-Rhône, sur une étendue superficielle de 4 kilomètres 116,325 mètres, limitée suivant le plan joint à la présente ordonnance ; savoir :

Au nord-est, à partir de l'angle sud de la maison des frères Negrel, à Lascout, par une ligne droite tirée à l'angle occidental de la campagne de Louis-Long ;

Au sud-est, par une ligne droite tirée dudit angle occidental à l'angle sud-ouest de la maison du sieur Arnaud ;

Au sud, par une ligne droite tirée du point ci-dessus, à la Croix de Garlaban ;

Au nord-ouest, à partir de cette croix par une ligne droite, jusqu'au sommet du Collet de Pinsot ;

Au nord-est, à partir du Collet de Pinsot, par une ligne droite tirée à l'angle sud de la maison des frères Negrel, point de départ.

ART. II. Il sera, à la diligence du préfet, et aux frais du concessionnaire, planté des bornes aux lieux ultérieurement déterminés. L'ingénieur en chef des mines dressera procès-verbal de cette opération, dont expéditions seront déposées aux archives de la préfecture et à celles des communes de Roquevaire et d'Aubagne, et il en sera donné avis à notre Conseiller d'État, Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

ART. III. Le concessionnaire se conformera exactement aux clauses et conditions du cahier de charges qu'il a souscrit, et qui demeurera annexé à la présente ordonnance, comme condition expresse de la concession.

Cahier de charges pour la concession des mines de houille de Garlaban.

(Extrait.)

Art. Ier. A la partie inférieure du versant oriental de la montagne de Garlaban, sur la rive droite de l'Huveaune, le concessionnaire fera percer un canal d'écoulement, qui sera conduit, à travers bancs, jusqu'à la couche de houille reconnue dans le terroir de Lascout.

Le point de départ de cette galerie et sa direction seront ultérieurement déterminés par le préfet, sur l'avis de l'ingénieur des mines, après avoir entendu le concessionnaire. Sa pente, vers son embouchure, ne devra pas excéder un quatre centième; sa hauteur sera de deux mètres et sa largeur d'un mètre 50 centimètres dans œuvre. Par-tout où elle ne traversera pas une roche solide, elle sera murailléе sur une épaisseur de 50 centimètres; enfin elle sera garnie d'un plancher, de manière à ménager dans sa partie inférieure un aqueduc pour l'écoulement des eaux.

Art. II. A partir du canal d'écoulement, et de part et d'autre de ce canal, il sera percé une galerie montante sur une pente moyenne, entre l'inclinaison de la couche et sa direction; cette galerie sera traversée par des galeries d'allongement, inclinées suffisamment pour servir à l'écoulement des eaux et au roulage. Celles-ci seront recoupées à angle droit par des traverses menées sur l'inclinaison de la couche. La distance des galeries, leurs dimensions, celles des traverses, et par conséquent l'épaisseur des piliers, ainsi que les moyens de soutènement, seront réglés par le préfet, d'après le mode indiqué ci-dessus, selon la puissance des couches et la solidité du toit. L'enlèvement des piliers, si toutefois il est jugé praticable, aura lieu, à partir de l'extrémité des travaux, en revenant vers la galerie d'écoulement.

On remblaiera successivement, autant que possible, les excavations, en employant pour cela les débris solides de l'exploitation; mais, dans tous les cas, le concessionnaire sera tenu de faire enlever au dehors les matières pyriteuses ou autres, susceptibles de produire un incendie souterrain.

Art. III. La sortie de la houille au jour, et la descente des ouvriers dans les ouvrages souterrains, auront lieu,

soit par les galeries actuellement existantes et réparées convenablement, soit par des puits droits et inclinés, suivant le mode reconnu le plus avantageux, et qui sera déterminé par le préfet, ainsi qu'il est indiqué en l'article 1er.

Art. IV. Lorsque l'exploitation devra être portée au-dessous du niveau de la galerie d'écoulement, les dispositions des travaux, le mode d'extraction de la houille et celui de l'épuisement des eaux seront déterminés par le Ministre de l'intérieur, sur l'avis du préfet et le rapport de l'ingénieur des mines, après avoir entendu le concessionnaire.

Il sera pourvu de même à ce que pourraient exiger, soit la découverte de nouveaux gîtes houillers, soit toute circonstance non prévue par le présent cahier de charges, et qui serait de nature à faire modifier ou changer le plan d'exploitation détaillé ci-dessus.

Art. V. Le concessionnaire contribuera, dans la proportion qui lui sera fixée par le préfet, à l'entretien du chemin à voitures, qui mettra en communication la grande route de Roquevaire à Marseille avec le centre de son exploitation.

Art. VI. Les orifices des excavations débouchant au jour, qui seront jugés inutiles, seront fermés et bouchés solidement d'après le mode indiqué par l'ingénieur, à la diligence des maires des communes sur lesquelles s'étend la concession.

AVERTISSEMENT

Concernant l'augmentation du prix de la souscription aux ANNALES DES MINES.

L'avis placé en tête de ce volume (1re. livraison 1824) porte que les *Annales des Mines* seront augmentées de deux livraisons, et qu'elles paraîtront de *deux mois en deux mois*. Néanmoins, à cause de l'abondance des matières, les livraisons de 1824 sont encore bien plus fortes qu'elles ne devaient l'être, puisque chacune d'elles surpasse de beaucoup *sept à huit* feuilles d'impression.

S'il fallait s'en tenir à ce nombre, il serait impossible de faire connaître, à temps, dans ce Recueil tous les Mémoires qui intéressent l'art des mines.

D'après cette considération, il a été arrêté qu'à commencer du 1er. janvier 1825, chaque livraison comprendra, au moins, *dix feuilles* d'impression. Les livraisons continueront de paraître de *deux mois en deux mois*.

Les six livraisons, d'une même année, formeront *deux volumes*. On y joindra les tableaux, cartes et planches nécessaires à l'intelligence du texte.

En s'engageant ainsi à faire paraître, par année, *six*

livraisons composées chacune de *dix feuilles* d'impression, au moins, on ne peut maintenir le prix de la souscription aux *Annales des Mines*, tel qu'il avait été fixé au moment de la publication du volume de 1816 (1).

Ce prix a été porté, à compter du 1er. janvier 1825, à *vingt francs*, par an, pour Paris, et à *vingt-quatre francs*, pour les Départemens.

On s'abonne, à Paris, chez MM. Treuttel et Würtz, libraires, rue de Bourbon, n°. 17, ainsi que dans leurs maisons établies à Londres, 30 Soho-Square, et à Strasbourg, rue des Serruriers, n°. 3.

---

(1) Alors on ne s'était engagé à publier, par année, qu'UN SEUL VOLUME, composé de quatre livraisons de sept à huit feuilles d'impression chacune.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME IX.

Géologie et Minéralogie.

Chimie; Recherches docimastiques; Analyses de substances minérales.

Minérallurgie; arts qui en dépendent.

Exploitation des mines.

Mécanique, Arts de construction et Objets divers.

Ordonnances royales concernant les mines.

Planches et Cartes jointes à ce Tome.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

A

Ordonnances royales concernant les mines.

Planches et Cartes jointes à ce Tome.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

A

Fig. 3.

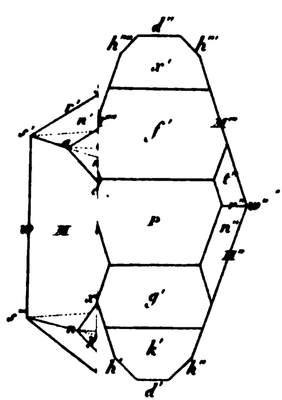
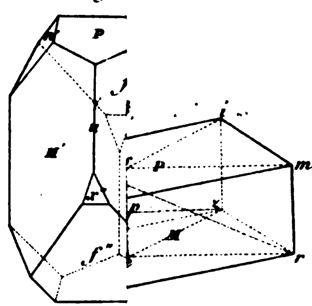
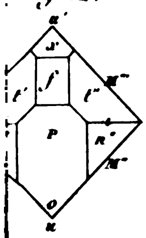


Fig.

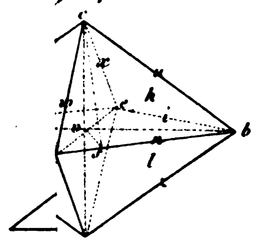


7.

Fig. 12.



g. 14.



par L. Berthe, Rue St Jacques, N° 66.

Fig. 1.

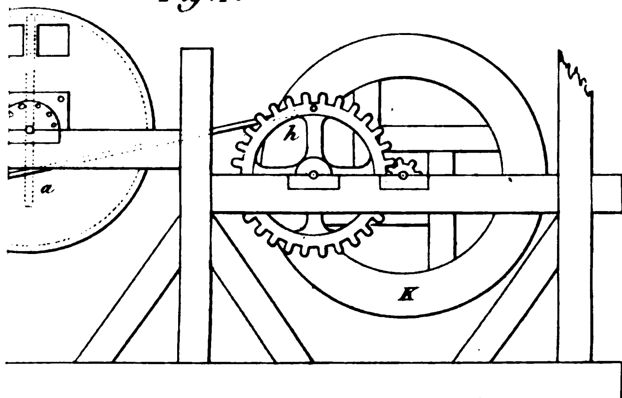
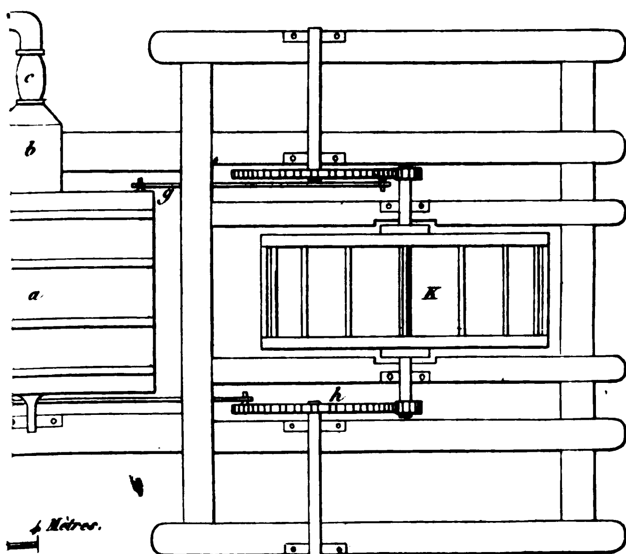


Fig. 2.

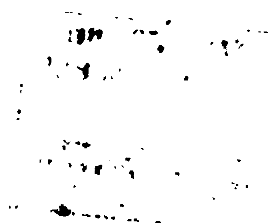


Gravé par L. Berthe, Rue St. Jacques, N° 66.

Fig. 3.

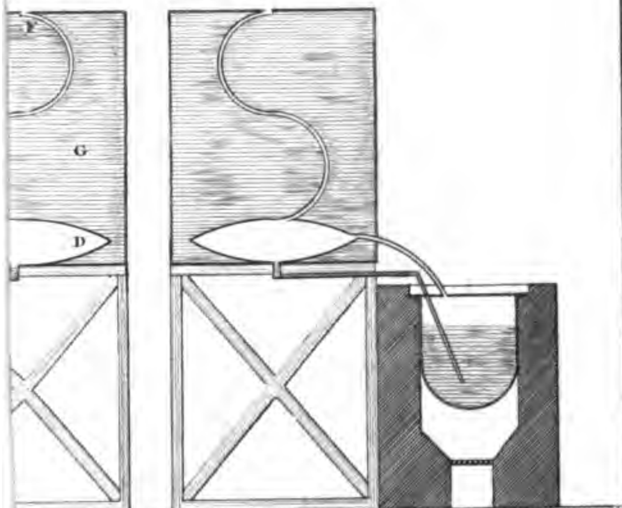
Fig. 6.

Gravé par L. Berthe, Rue St. Jacques, N° 66

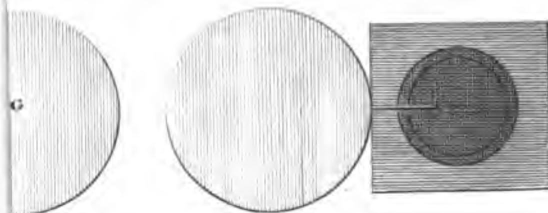


...ghien et d'Uriage.

...t de l'Appareil d'Uriage.



Plan de l'Appareil.



5 Mètres.

Gravé par Berthe, rue St. Jacques, N.º 66.

Pl. VII.



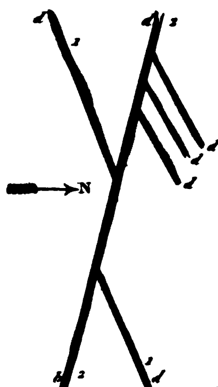
Gravé par Berthe, rue S. Jacques N.° 66.

LES.

ARACK.



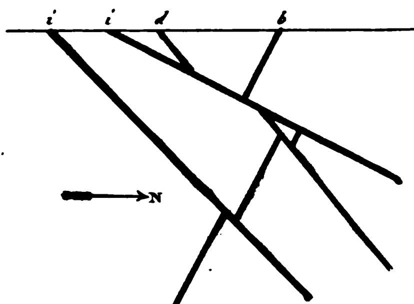
Fig. 3 Coupe de la Mine de COOK'S-KITCHE



ANCE.



Fig. 7. Coupe de la Mine de HUEL-PEEVER



la Mine de TRESKIRBY.

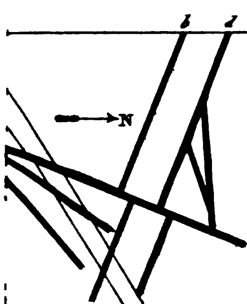
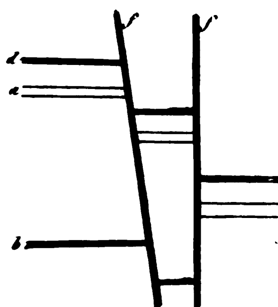
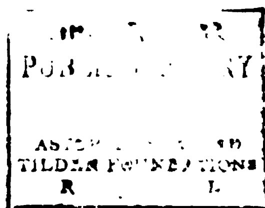


Fig. 11. Plan de la Mine de HUEL-PEEV



Gravé par Berthe, rue S.t Jacques, N.o



#14

